



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 198 57 870 A 1

21 Aktenzeichen: 198 57 870.9
22 Anmeldetag: 15. 12. 1998
43 Offenlegungstag: 21. 6. 2000

51 Int. Cl. 7:
C 12 P 5/02
C 01 B 3/02
C 10 L 3/00
C 05 F 9/04
C 12 M 1/107
// C 07C 29/151,31/04

DE 198 57 870 A 1

71 Anmelder:
Research & Development of Renewable Energy
(International) Ltd., Limerick, IE

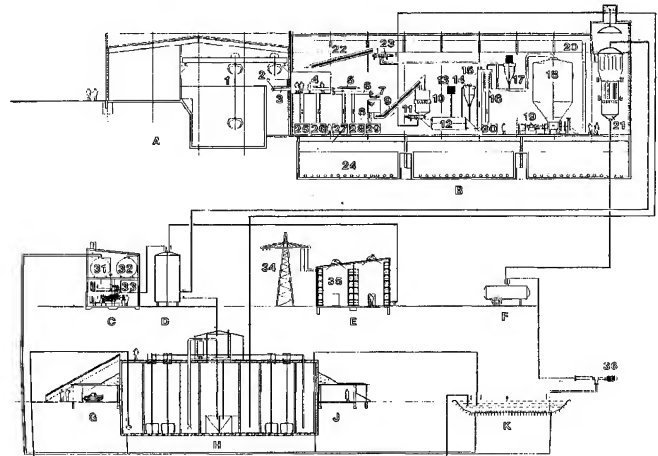
74 Vertreter:
Becker, Kurig, Straus, 80336 München

72 Erfinder:
Winkelkötter, Peter, 85646 Anzing, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Verfahren und Vorrichtung zur vollständigen und schadstofffreien Konversion von Material

57 Verfahren und Vorrichtung zur vollständigen und schadstofffreien Konversion von Material, umfassend biogenes Material wie Biomüll, Holz, Garten- und Lebensmittelabfälle, und/oder Kohlenwasserstoffe bzw. deren organische Verbindungen, in Energieträger, wie Wasserstoffgas, Methanol, elektrischer Strom, und in Düngemittel, ohne Anwendung von Pyrolyse und/oder Verbrennung, umfassend Mittel bzw. Schritte zum Aufbereiten des Materials und zum Abscheiden flüssiger Bestandteile; zum Fermentieren der abgeschiedenen flüssigen Bestandteile; zum Umwandeln des verbleibenden Materials zu Gasen und Düngemittel, und zum Umsetzen der Gase in die zuvor erwähnten Energieträger. Dementsprechend wird ein geschlossenes, integriertes und autarkes System bzw. Verfahren angegeben.



DE 198 57 870 A 1

①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑪ DE 3047 192 A 1

⑤ Int. Cl. 3:
A01 C 3/00

⑳ Aktenzeichen: P 30 47 192.2
㉔ Anmeldetag: 15. 12. 80
㉕ Offenlegungstag: 22. 7. 82

㉗ Anmelder
Langer, Paul Gerhard, 8580 Bayreuth, DE

㉘ Erfinder:
gleich Anmelder

DE 3047 192 A 1

㉙ Verfahren und Anlage zum Geruchfremmachen von Gulln

DE 3047 192 A 1

PATENTANWALT-DIPL.-ING. DR. MANFRED RAU

D-8500 NÜRNBERG 91 POSTFACH 91 04 80 LANGE ZEILE 30 TELEFON 09 11 / 3 71 47 TELEX 06 / 23 965

3047192

Nürnberg, 13.12.1980
R/StPaul G. Langer, Am Schießhaus 28, 8580 Bayreuth
-----A n s p r ü c h e

1. Verfahren zum Geruchfreimachen von gelagerter Gülle, dadurch gekennzeichnet, daß die Gülle gekühlt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Gülle in gekühltem Zustand transportiert und ausgetragen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlung mit Wärmerückgewinnung erfolgt.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die rückgewonnene Wärme zur Brauchwassererwärmung eingesetzt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die rückgewonnene Wärme zur Heu- und/oder Getreidetrocknung eingesetzt wird.
6. Anlage zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Wärmepumpe (24, 28) mit mindestens

einem Verdampfer (9, 10) in einer Güllegrube vorgesehen ist.

7. Anlage mit einer Vorgrube und einer nachgeordneten Hauptgrube nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß ein erster Verdampfer (9) in der Vorgrube (5) und ein zweiter Verdampfer (10) in der Hauptgrube (6) angeordnet sind und daß die Verdampfer (9, 10) wahlweise einzeln oder gemeinsam in den Kreislauf der mindestens einen Wärmepumpe (24, 28) schaltbar sind.

Nürnberg, 13.12.1980
R/St

Paul G. Langer, Am Schießhaus 28, 8580 Bayreuth

Verfahren und Anlage zum Geruchfreimachen von Gülle

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Geruchfreimachen von Gülle und eine Anlage zur Durchführung des Verfahrens.

Die moderne Viehhaltung in größeren Stallungen und die Abführung von Kot und Harn, der sogenannten Gülle, als Schwemmist, also ohne Strohzusatz, führt bereits seit langem zu erheblichen Geruchsproblemen, und zwar zum einen bei der Lagerung der Gülle in Gruben und darüber hinaus bei der Ausbringung der Gülle auf Wiesen und Felder. Diesem Geruchsbelästigungsproblem ist man schon seit geraumer Zeit dadurch begegnet, daß die Gülle einer anaeroben Oxidation, d. h. einer Oxidation durch Luftbakterien unter Luftsauerstoffzufuhr, unterzogen wurde. Dieses Verfahren führt durchaus - was die Geruchsprobleme angeht - zu zufriedenstellenden Ergebnissen; es ist aber recht aufwendig, da zum einen zur anaeroben Oxidation Luft in die Gülle eingeblasen und/oder eingerührt werden muß und da insbesondere für den Boden wesentlichen Nährstoffe bei dieser anaeroben Oxidation chemisch zersetzt werden und hierdurch als Nährstoff für den Boden verloren gehen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Anlage der gattungsgemäßen Art zu schaffen, womit in energetisch günstiger Weise unter Erhaltung aller Boden-Nährstoffe eine Geruchfreimachung von Gülle möglich ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einem Verfahren der gattungsgemäßen Art durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst. Durch die Kühlung der Gülle wird sie bereits während der Lagerung praktisch geruchfrei. Andererseits werden durch die Kühlung die Tiere selbst nicht beeinträchtigt, da die Kühlung erst nach der Entfernung aus dem Stall erfolgt. Durch die Kühlung werden auch die bei normaler Lagerung unter Umgebungsverhältnissen auftretenden Oxidationsprozesse verlangsamt, so daß die für den Boden wichtigen Nährstoffe und Substanzen in höherem Maße erhalten bleiben. Dieses Verfahren zur Geruchfreimachung von Gülle ermöglicht darüber hinaus in erheblichem Maße eine Wärmerückgewinnung, und zwar eine Rückgewinnung der in der Gülle von den Tieren her noch enthaltenen Wärme und - bei längerer Lagerung der Gülle bis zum Austrag auf Wiesen und Felder - der durch die Sonne und die Umgebung wieder an die lagernde Gülle abgegebenen Wärme. Die ersterwähnte, ständig von den Tieren her anfallende Wärmemenge wird zweckmäßigerweise zur ständigen Brauchwassererwärmung eingesetzt, während die zweiterwähnte, in größeren Zeitabständen dafür aber auch in größeren Mengen anfallende Wärmemenge zur Heu- und/oder Getreidetrocknung eingesetzt werden kann. Insbesondere letzteres ist deshalb von Interesse, weil jeweils nach einem Heu- oder Getreideschnitt zuerst die Trocknung erfolgen muß und anschließend die entsprechenden Wiesen bzw. Felder mit Gülle gedüngt werden müssen. Diese ist dann von dem vorhergehenden Wärmeentzug gut gekühlt und

3047192

3047192

- 2 -

- 5 -

ist bereits zu einem wesentlichen Teil in den Boden eingedrungen, bevor sie durch entsprechende Erwärmung wieder geruchsaktiv wird, so daß auch auf den Feldern zumindest eine erhebliche Minderung der Geruchsbelästigung eintritt.

Die Kühlung und Wärmerückgewinnung erfolgt nach den Ansprüchen 6 und 7. Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung eines Ausführungsbeispiels der Erfindung anhand der Zeichnung, die eine Anlage nach der Erfindung zeigt.

Aus einem Stall 1, in dem Tierstände 2 und einige Tiere 3 erkennbar sind, gelangt Schwemmist, d. h. Kot und Urin, in üblicher Weise durch einen Schwemmistkanal 4 in eine Vorgrube 5, die etwa bis zur an einem Tag anfallenden Schwemmistmenge aufnehmen kann. Bei einem Schwemmistanfall von 35 bis 45 kg Kot-Urin-Gemisch pro Großvieheinheit und bei einer üblichen Stallgröße von 50 Großvieheinheiten bedeutet dies, daß die Vorgrube etwa ein Volumen von 2 m^3 hat. Unter einer Großvieheinheit versteht man die Masse von 500 kg Lebendgewicht.

Die Vorgrube ist mit einer Hauptgrube 6 mittels einer Leitung 7 und einer Pumpe 8 verbunden, die gleichzeitig als Rühr- und Umwälzvorrichtung in der Vorgrube 5 dient. Derartige Ausgestaltungen sind allgemein bekannt. Die Pumpe 8 befindet sich hierbei als Tauchpumpe in der Vorgrube 5; lediglich aus Gründen der Übersichtlichkeit ist sie in der Zeichnung zwischen der Vorgrube 5 und der Hauptgrube 6 dargestellt.

Die Hauptgrube 6 hat für die oben angegebene Stallgröße ein Volumen von etwa 200 m^3 , d. h. bei zylindrischer

Ausgestaltung einen Durchmesser von 8 bis 10 m und eine Tiefe von ungefähr 4 m. Vorgrube 5 und Hauptgrube 6 sind in der Regel nach oben offen. Dies gilt zumindest für die Hauptgrube 6.

In der Vorgrube 5 ist ein erster Verdampfer 9 einer Wärmepumpe angeordnet, während in der Hauptgrube 6 ein zweiter Verdampfer 10 der Wärmepumpe angeordnet ist. Ein Kompressor 11 mit nicht dargestelltem Antriebsmotor befindet sich in einem Wohnhaus 12, während sich ein zweiter Kompressor 13 in einem Heu- und Getreideboden 14 befindet. Der Kompressor 11 ist über eine Vorlaufleitung 15 und eine Rücklaufleitung 16 wahlweise mit dem ersten Verdampfer 9 oder dem zweiten Verdampfer 10 oder dem ersten Verdampfer 9 und dem zweiten Verdampfer 10 in Reihenschaltung verbindbar. Um eine solche alternative Schaltung zu ermöglichen, sind in der Rücklaufleitung 16 vor dem ersten Verdampfer 9, in der Verbindungsleitung 17 zwischen dem ersten Verdampfer 9 und dem zweiten Verdampfer 10 und in der Vorlaufleitung 15 unmittelbar hinter dem zweiten Verdampfer 10 jeweils ein 3-Wege-Ventil 18, 19, 20 angeordnet, wobei noch zwischen dem 3-Wege-Ventil 18 vor dem ersten Verdampfer 9 und dem 3-Wege-Ventil 20 hinter dem zweiten Verdampfer 10 eine Überbrückungsleitung 21 und zwischen dem 3-Wege-Ventil 19 und dem Ventil 20 eine weitere Überbrückungsleitung 22 angeordnet sind. Durch entsprechende Schaltung dieser drei Ventile 18, 19, 20 kann die Rücklaufleitung 16 direkt unter Überbrückung des ersten Verdampfers 9 auf den Eingang des zweiten Verdampfers 10 oder die Vorlaufleitung 15 unter Überbrückung des zweiten Verdampfers 10 direkt an den ersten Verdampfer 9 geschaltet werden. Weiterhin können beide Verdampfer 9, 10 in Reihe und die Rücklaufleitung 16 auf den ersten Verdampfer 9 und die Vorlaufleitung 15 an den zweiten Verdampfer 10 geschaltet werden. Im Wohnhaus 12 sind

ein oder mehrere Kondensatoren 23 in die Rücklaufleitung 16 geschaltet. Es kann sich hierbei um Heizkörper handeln oder um einen Wärmetauscher, in dem die Kondensationswärme an einen Brauchwasserkreislauf abgegeben wird. Der Kompressor 13 mit Vorlaufleitung 15, Rücklaufleitung 16, Kondensatoren 23 und erstem Verdampfer 9 und zweitem Verdampfer 10 bildet eine erste Wärmepumpe 24. Der Kompressor 13 im Heu- und Getreideboden 14 ist mittels einer Vorlaufleitung 15' und ein 3-Wege-Ventil 25 an die Vorlaufleitung 15 angeschlossen. Über ein oder mehrere Kondensatoren 26 ist mit dem Kompressor 13 eine Rücklaufleitung 16' über ein 3-Wege-Ventil 27 mit der Rücklaufleitung 16 verbunden. Über den Kompressor 13, die Vorlaufleitung 15', die Rücklaufleitung 16' und die beiden Verdampfer 9, 10 wird eine zweite Wärmepumpe 28 gebildet, die alternativ zur ersten Wärmepumpe 24 eingesetzt werden kann. Die Kondensatoren 26 dienen als Heizungen zum Trocknen von Heu und/oder Getreide.

Alternativ kann selbstverständlich mit den Verdampfern 9, 10 nur eine einzige Wärmepumpe verbunden sein, die über Wärmetauscher die Wärme wahlweise an Sekundär-Wärmekreisläufe zur Brauchwassererwärmung für das Wohnhaus 12 oder zur Trocknung von Heu und/oder Getreide abgibt. Die entsprechende Ausgestaltung hängt von wirtschaftlichen Überlegungen, und zwar insbesondere der räumlichen Zuordnung von Wohnhaus 12 zu Heu- und Getreideboden 14 ab.

Die Wirkungsweise ist derart, daß dem ständig in die Vorgrube 5 fließenden Kot-Harn-Gemisch (Gülle) ständig über den ersten Verdampfer 9 Wärme entzogen wird, die über die Kondensatoren 23 insbesondere zur Brauchwassererwärmung im Wohnhaus 12 abgegeben wird. Hierbei

00.00.01

3047192

- 6 -
- 8 -

sind die Ventile 18, 19, 20 so geschaltet, daß nur der erste Verdampfer 9 von dem gemäß den Strömungsrichtungspfeilen 29 strömenden Wärmeträger, beispielsweise Frigen, durchströmt wird.

Die in der Vorgrube 5 befindliche Gülle kann auf Temperaturen von 2 bis 4 °C abgekühlt werden. Die bei den oben geschilderten Verhältnissen aus etwa 2000 kg pro Tag Gülle zu entziehende Wärmemenge von 40 000 kcal reicht zur Erwärmung von 1000 l Brauchwasser pro Tag auf 55 bis 60 °C aus.

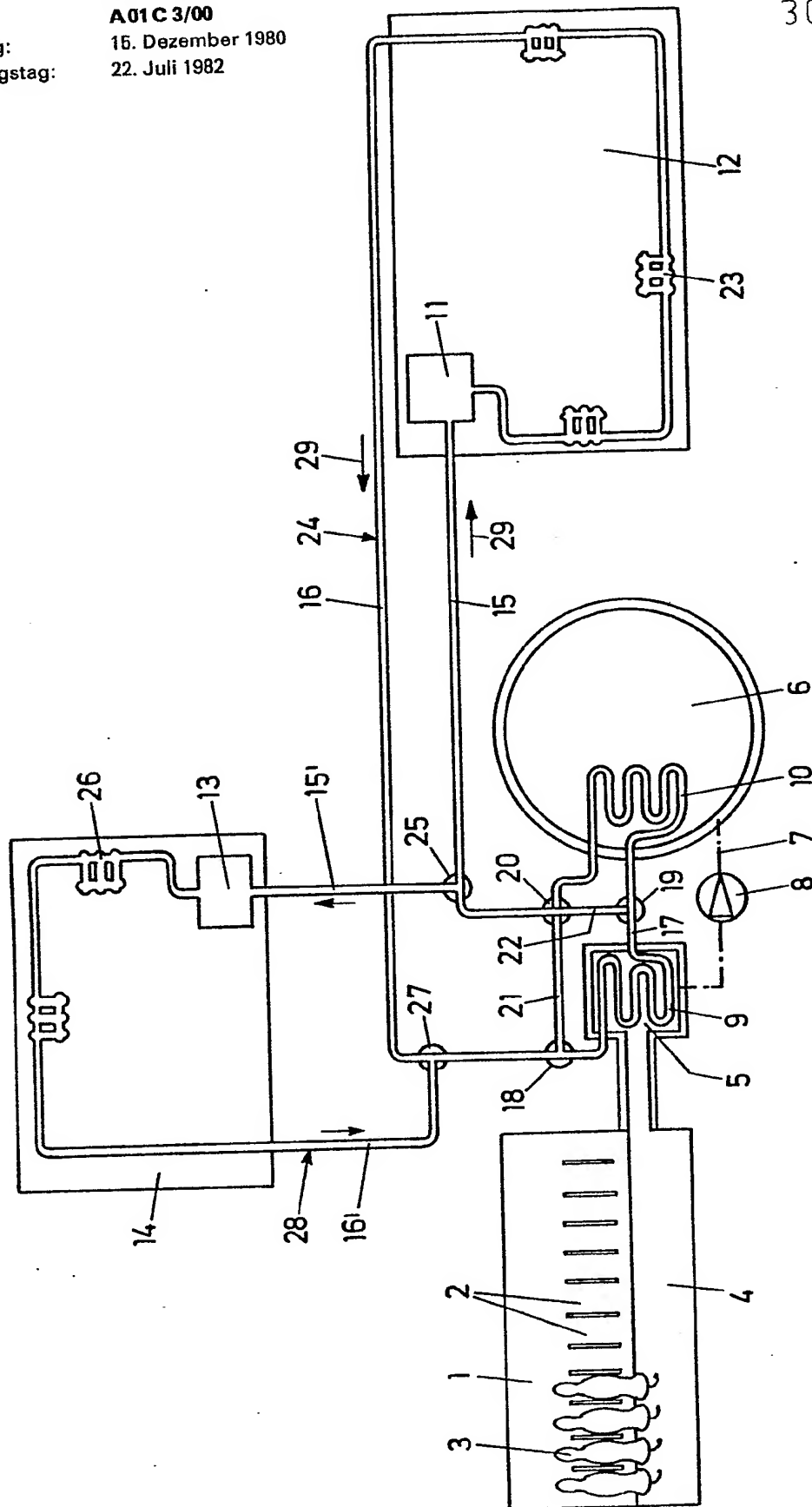
In der Hauptgrube 6 erwärmt sich die gekühlte Gülle wieder unter dem Einfluß der Bodenwärme und der Lufttemperatur und insbesondere der Sonneneinstrahlung, da Gülle sehr dunkel ist. Diese Wärmemenge kann in größeren Intervallen in verhältnismäßig großen Mengen wieder entzogen werden, und zwar insbesondere zur Heu- und/oder Getreidetrocknung, die im Sommer notwendig ist, wenn auch die Erwärmung der Gülle am größten ist. Jeweils nach einem Heu- und/oder Getreideschnitt wird Gülle auf die entsprechende Wiese bzw. das entsprechende Feld ausgetragen. Wenn die Gülle zuvor zur Trocknung des entsprechenden Heus und/oder Getreides gekühlt ist, kann sie praktisch geruchfrei auf die Wiese bzw. das Feld aufgebracht werden, da sie sich in der kurzen Zeit des Transportes und des Austrags nicht nennenswert erwärmt.

Nummer:
Int. Cl.³:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

3047 192
A01C 3/00
15. Dezember 1980
22. Juli 1982

NACHGEREICHT

3047192



(19) World Intellectual Property
Organization
International Bureau



(43) International Publication Date
3 June 2004 (03.06.2004)

PCT

(10) International Publication Number
WO 2004/046279 A1

(51) International Patent Classification⁷: **C10J 3/00**,
C02F 11/00

(72) Inventor; and
(75) Inventor/Applicant (for US only): **BRAUER, Peter, Dirk**
[DE/DK]; Solsortevej 34, DK-8860 Ulstrup (DK).

(21) International Application Number:
PCT/DK2003/000787

(74) Agent: **ZACCO DENMARK A/S**; Hans Bekkevolds Allé
7, DK-2900 Hellerup (DK).

(22) International Filing Date:
18 November 2003 (18.11.2003)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

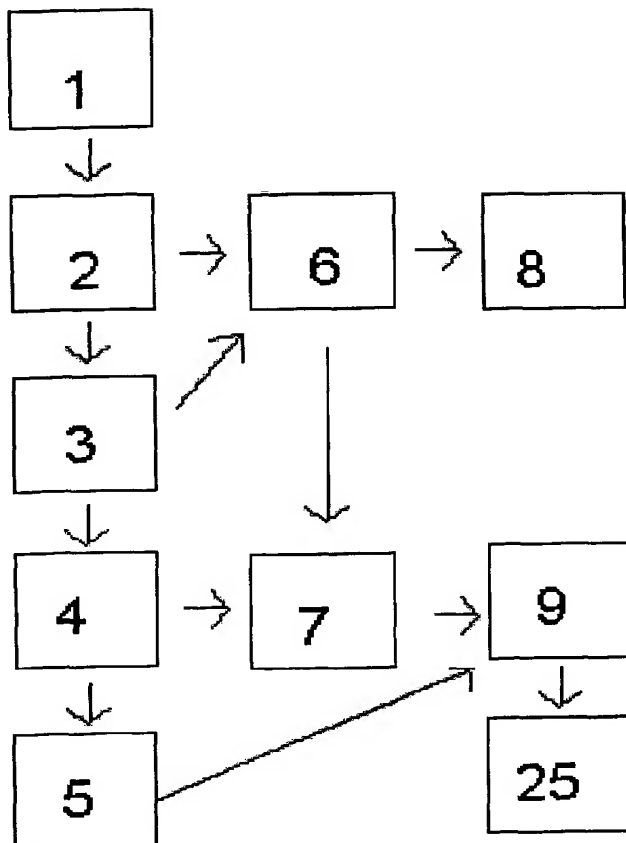
(30) Priority Data:
PA200201775 18 November 2002 (18.11.2002) DK

(81) Designated States (national): AE, AG, AL, AM, AT (utility model), AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ (utility model), CZ, DE (utility model), DE, DK (utility model), DK, DM, DZ, EC, EE (utility model), EE, EG, ES, FI (utility model), FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK (utility model), SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(71) Applicant (for all designated States except US): **SAMSON BIMATECH I/S** [DK/DK]; Bjerringbrovej 10, DK-8850 Bjerringbro (DK).

[Continued on next page]

(54) Title: **METHIOD OF MANURE SLURRY TREATMENT**



(57) Abstract: A method of treating manure wherein the manure is subjected to separation in a fibre fraction and a manure water fraction; said fibre fraction is dried and subjected to gasification; said manure water fraction is subjected to concentration and the produced gasses from said gasification and said concentration are collected and optionally combusted; optionally the manure water fraction is subjected to thermal degradation.



(84) **Designated States (regional):** ARIPO patent (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:

— with international search report

— before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

Method of manure slurry treatment

Field of invention

- 5 This invention relates to an improved method of treating manure slurry and to a new apparatus for treating of manure slurry.

Background

- 10 Manure slurry and especially manure slurry from pigs forms an increasing problem for many farmers. Neighbours to farms often complain about the smell from manure and as a result of such complaint, the farmers are often constrained in increasing the production.
- 15 Further governmental regulations set limits for how many animals a farmer is allowed to have on a farm with a given agricultural area. Among these regulations are limits on how and when the farmer is allowed to spread the manure on his agricultural area. In certain countries it is not even allowed to spread the manure and therefore the farmer has to get rid of the manure by
- 20 other means. These limits call for increased storage tanks for the manure slurry and often tight regulations for how to store the manure slurry.

- If a farmer intends to increase the number of animals on his farm, he has to increase his agricultural area or be able to treat his manure without
- 25 hampering his neighbours or the environment.

- In the manure there are substantial amounts of substances suitable in fertilizers and that can be used as substitutes for commercially available fertilizers. By isolating these substances from the manure in an essentially
- 30 smell free form it would be possible for the farmer to save expenses to commercial fertilizers and minimize the stored amount of manure.

Prior art

- EP 1 182 248 A1 discloses a method of processing animal manure comprising drying the manure, subjecting the manure to gasification thereby yielding a combustible gas mixture, purifying the gas mixture and cracking the gas mixture. The gasification is carried out at temperatures well above 600°C in order to avoid tar production. This method is mainly suitable in processing relatively dry manure such as manure from chickens.
- 10 Ingeniøren, Friday 14.6.02, number 24 page 14 "Gylleseparator giver renere miljø" discloses a process for treating manure wherein the manure is separated in a fibre fraction and a manure water fraction, said manure water fraction being degassed by heating. The gas is purified for fatty acids and the remaining manure water fraction is concentrated. In this process which is
- 15 merely a concentration process the energy rich fibre fraction is just left unused and the energy in the fatty acids as well.

- Drying manure with a relatively high water content requires too much energy to be economically suitable. Therefore, there is a need for a process which in
- 20 a cheap and easy way can process both water rich and water poor manure.

Summary of the invention

- The inventors have discovered that by separating the manure slurry in a fibre fraction and a water fraction and further processing these fractions, in a
- 25 special manner the manure slurry can be converted to ashes and water with an energy surplus.

- According to the invention there is provided a method of treating manure slurry comprising the steps of
- 30

- a) separating the manure slurry in a fraction containing a substantial amount of fibres and a first water fraction essentially consisting of water,
- b) drying said fibre fraction,
- c) subjecting said dried fibre fraction to gasification to form a combustible mixture of gasses,
- d) heating the water fraction to an elevated temperature to thermally degrade organic compounds and optionally to evaporate water so as to form a combustible gas mixture and a second water fraction
- e) burning at least a part of the combustible gasses from steps c) and d) to generate heat for the drying, gasification and/or heating in steps b), c) and d), respectively

By use of this process an essentially manure free pig production is possible and farmers will be able to expand without the problems previously mentioned. Further the farmer will be able to reduce expenses for heating since the process has an output of hot water.

Further the process can provide the main substances in fertilizers in an essentially pure form thereby giving the farmer the possibility of reducing the amount of commercial fertilizers.

Description of preferred embodiment

The invention is based on the discovery that by processing manure slurry in the above mentioned manner sufficient energy is generated to allow the above mentioned processes to be performed without the supply of external energy. Furthermore the method of the invention also makes it possible to recover oil useful in diesel engines, to recover metals and to recover phosphorous compounds, ammonia compounds and potassium compounds.

The separation step

In a preferred embodiment of the invention the manure slurry is separated in a fibre fraction and a first water fraction by mechanical means e.g. a centrifuge or a press. In an even more preferred embodiment vacuum is used to aid the separation. Optionally a flocculation agent such as alumina based electrolytes, sulphate compounds, polyelectrolytes and humin based compounds; bases such as $\text{Ca}(\text{OH})_2$ or acids such as H_2SO_4 can be added to the manure in order to increase the fibre fraction as much as possible. Furthermore micro bubbles can be used to facilitate the separation.

The drying step

The fibre fraction from the separation step is dried preferably by means of heat. Preferably the fibre fraction is dried to a dry solid matter content of at least 75%, preferably to a dry solid matter content of at least 80%, more preferred to a dry solid matter content of at least 85%, and most preferred to a dry solid matter content of at least 95%.

In a preferred embodiment the drying is performed by means of a combination of heat and vacuum.

In another embodiment an Archimedes screw is used during the drying process, thereby achieving a continuous transportation of the fibre fraction through the drier.

Preferably the evaporated product from the drying process is combined with the first water fraction supplied to the heating step, preferably either in an intermediate storage tank, during a thermal degradation step or during a concentration of the water fraction. Optionally possible combustible gasses being in said evaporated product are isolated and condensed or used as fuel.

In another preferred embodiment the evaporated product is treated separately in at least one scrubber yielding a combustible gas and a disposable condensate.

5 *The gasification step*

The gasification can be performed at temperatures in the range from 250°C to 900°C. In a preferred embodiment the gasification is performed at temperatures between 400°C and 650°C and most preferred between 500°C and 600°C. The gas produced has an energy content sufficient for running
10 the process. In one embodiment at least 50% of the fibre mass is converted to gas, preferably at least 60 % and most preferably at least 65%.

When using a temperature above 520°C to 560°C both phosphor and ammonia will mainly be in the gas phase.

15

Each kg of solid matter produces energy equal to 4-4.5 kWh which is bound in the produced gas and the residue from the gasification.

In a preferred embodiment the gasification is performed in a pipe with the
20 fibres inside and heat for the gasification applied on the outside. Preferably the heat is supplied in a manner to provide a heating rate at 2°C to 7°C per second. Preferably the pipe is made of a chamotte material.

Optionally the gasification is carried out in such a manner that combustible
25 pyrolysis coal (residue) is an additional product of the gasification step.

The ash from an optional combustion of the residue from the gasification is in the form of a very fine powder which is rich in metals such as Zn, Cu and Ni. Said ash is therefore suitable for the refining industry such as the galvano
30 industry which is working with a cathode-anode setup depositing the pure metals on the cathode.

In a preferred embodiment the gas produced during the gasification is purified, preferably by use of at least one scrubber. In a more preferred embodiment the gas is purified in two sequential scrubbing processes e.g. by first scrubbing with base such as $\text{Ca}(\text{OH})_2$ or KOH in a first scrubber and afterwards scrubbing with H_2SO_4 in a second scrubber. The output of the scrubbing processes is one or more of the following compounds $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, CaCO_3 , K_2SO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $\text{Ca}(\text{HSO}_4)_2$, KHSO_4 and K_2CO_3 . These compounds can be used as commercial fertilizers.

In another embodiment the produced gas from the gasification step is combined with the gas produced in optional boiling of the first water fraction.

The Boiling step (thermal degradation)

In a preferred embodiment of the method the manure water fraction is heated under pressure in order to thermally decompose organic matter. The manure water fraction is heated to above 95°C , preferably the manure water fraction is heated to above 120°C , more preferably the water fraction is heated to above 140°C , most preferably the manure water fraction is heated to between 140°C and 160°C . During this thermal decomposition a small amount of combustible gas is produced. In a preferred embodiment this step is performed at an elevated pressure.

In a preferred embodiment acid or base is added to the water fraction in order to aid the thermal decomposition of organic matter and to kill possible bacteria. Preferred acids are strong acids such as H_2SO_4 and preferred bases are strong bases such as KOH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$. In a particularly suitable embodiment the pH is kept above 11 during the boiling.

Addition of acid in this step keeps ammonia in solution and thereby providing the possibility for a later separation, if desired.

The water fraction is preferably concentrated and preferably under reduced pressure. This concentration can be performed in commercially available evaporators. In a preferred embodiment the evaporator reuses the heat in the generated steam to further evaporation, as the skilled person is fully aware of.

In a preferred embodiment the hot water from the concentration is used to heat the production facility e.g. a piggery or a house.

In a preferred embodiment the exit water has a temperature between 85°C and 95°C.

10 In a preferred embodiment the gases from the concentration are scrubbed with acid and base as previously described.

In a preferred embodiment the hot water from the concentration is used to preheat the first water fraction.

The combustible gases

15 Depending on the desire of the farmer, the combustible gases can be burned and thereby provide the heat for the process plus an excess, or some of the gases can be condensed into pyrolysis oil.

In a preferred embodiment of the invention the light gases are burned as well as some of the heavier in order to run the process. The excess of heavier
20 gasses is condensed to pyrolysis oil which can be stored and used during start up or combusted in diesel engines.

In a preferred embodiment the entire process is performed in a closed system except for the combusting of the produced gasses. Thereby it is possible to obtain an essentially smell free manure decomposition.

In an alternative embodiment the manure slurry is pre-treated with heat prior to separation. Optionally thermal degradation is carried out during this pre-treatment.

5 In a preferred embodiment the drying step, the gasification step and/or the heating step are carried out at reduced pressure.

The invention will now be describe in further detail with reference to the drawings in which

- Figure 1 shows a flow chart of the main steps in the process.
- 10 Figure 2 shoes a flow chart of the recycling of metals from ashes
- Figure 3 shows a flow chart of the scrubbing sequence
- Figure 4 shows a flow chart of a preferred heat treating of a water fraction
- Figure 5 is an illustration of the flow in an apparatus for carrying out the invention.
- 15 Figure 1 shows one embodiment of the invention, where manure slurry (1) first is separated into a fraction containing fibres and a first water fraction in a filtering unit (2). The fibre fraction is dried in a drier (3) using heat from burned combustible gasses. The dried fibre fraction is subjected to gasification in a gasification unit (4), by use of heat from the burned
- 20 combustible gasses. The gasification results in residue (pyrolysis coal) (5) and a combustible gas (7). The water fraction from the separation unit (2) is subjected to heat (6) resulting in a combustible gas fraction (7) and a second water fraction (8). The combined combustible gasses and optionally the residue from the gasification (5) are burnt in an oven (9) thereby providing
- 25 heat for the drying, the gasification and the heat treatment of the first water fraction. In a preferred embodiment the hot second water fraction (8) is used to pre-heat the first water fraction. The combustion of said residue results in a small amount of ashes (25).

Figure 2 shows the possible refining of the ashes (25) from the gasification. The ashes can by galvano refining be separated in copper (10), zink (11) and nickel (12).

- 5 The combustible gasses (7) can be purified by scrubbing as shown in figure 3. The gasses are first scrubbed in a first scrubber (13) with $\text{Ca}(\text{OH})_2$ resulting in a mixture of $\text{Ca}(\text{H}_2\text{SO}_4)_2$ and CaCO_3 (14). Secondly the gasses are scrubbed in a second scrubber (15) with H_2SO_4 resulting in $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ and K_2SO_4 (16) and a purified gas mixture (17). This scrubbing sequence
- 10 can be performed on the each of the combustible gas mixtures before combining or the scrubbing can be done on the combined gas mixture (7). Figure 4 shows an embodiment where the first water fraction from the filtering unit (2) is subjected to a first heat treatment (6) at elevated pressure. During this heating thermal degradation of fatty acids etc takes place. After the
- 15 degradation the manure water fraction is concentrated in an evaporator (18) resulting in a concentrated potassium fraction (20) and a mixture of combustible gasses and steam. Said mixture is purified in a sequence as shown in figure 3 resulting in purified gas (17) and a hot second water fraction (8)
- 20 The gasses obtained from the gasification are scrubbed twice, first with $\text{Ca}(\text{OH})_2$ and secondly with H_2SO_4 and then directed to an oven where they are burned thus creating heat for the process. The ashes from the gasification are subjected to galvano purification.

Figure 5 is an illustration of a plant for carrying out the method.

Patent Claims:

1. A method of treating manure slurry comprising the steps of
 - a) separating the manure slurry in a fraction containing a substantial
5 amount of fibres and a first water fraction essentially consisting of water,
 - b) drying said fibre fraction,
 - c) subjecting said dried fibre fraction to gasification to form a combustible
mixture of gasses,
 - d) heating the water fraction to an elevated temperature to thermally
10 degrade organic compounds and optionally to evaporate water so as
to form a combustible gas mixture and a second water fraction
 - e) burning at least a part of the combustible gasses from steps c) and d)
to generate heat for the drying, gasification and/or heating in steps b), c)
and d), respectively.
- 15 2. A method according to claim 1, wherein a fraction of said combustible
gasses is condensed so as to recover oil.
3. A method according to claim 1 or 2, wherein said combustible gasses are
20 purified.
4. A method according to any one of claims 1 to 3, wherein said combustible
gasses are scrubbed in at least one scrubber, preferably with $\text{Ca}(\text{OH})_2$ and/or
 H_2SO_4 .
- 25 5. A method according to any one of claims 1 to 4, wherein the residues from
the gasification are burned.
6. A method according to any one of claims 1 to 5, wherein said first water
30 fraction during thermal degradation is heated to above 95°C , preferably

heated to above 120°C, more preferably heated to above 140°C, most preferably heated to between 140°C and 160°C.

7. A method according to any one of claims 1 to 6, wherein the evaporated product from said drying step is combined with the water fraction supplied to the heating step.
8. A method according to any one of claims 1 to 7 wherein the heating step comprises two steps, viz. a degradation step and a concentration step.
9. A method according to 8, wherein said concentration is carried out at reduced pressure.
- 10 - 10. A method according to any one of claims 1 to 9, wherein said gasification is performed at temperatures in the range from 250°C to 900°C, preferably at temperatures between 400°C and 650°C and most preferably at temperatures between 500°C and 600°C.

Figure 1

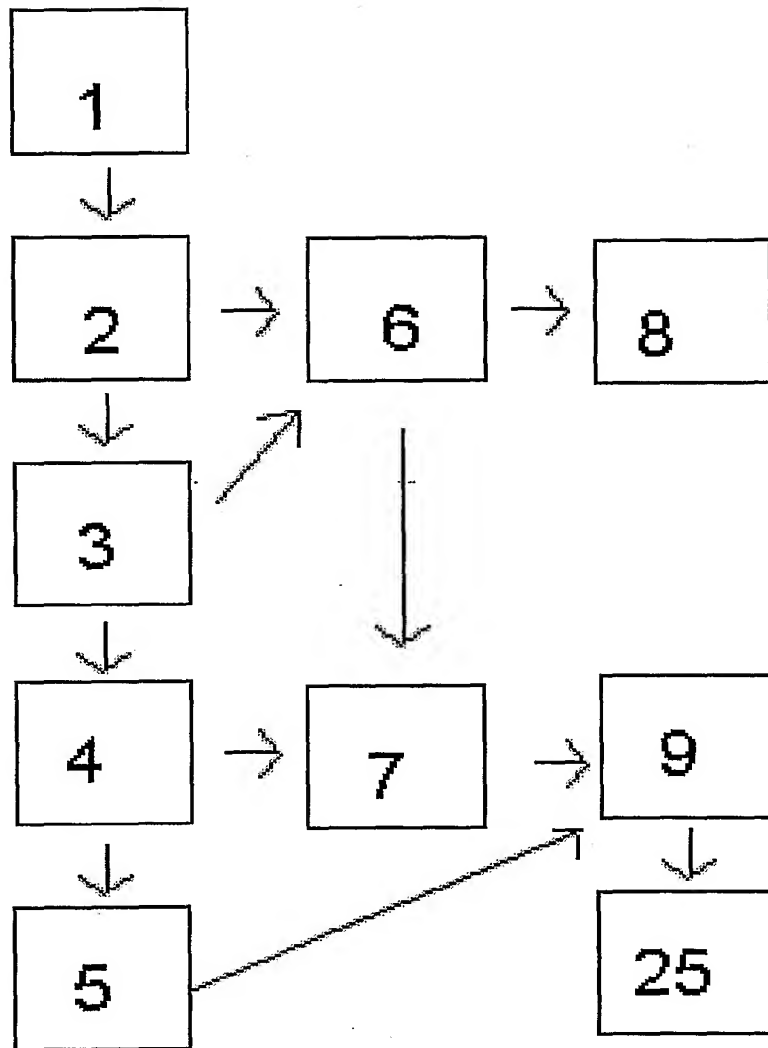


Figure 2

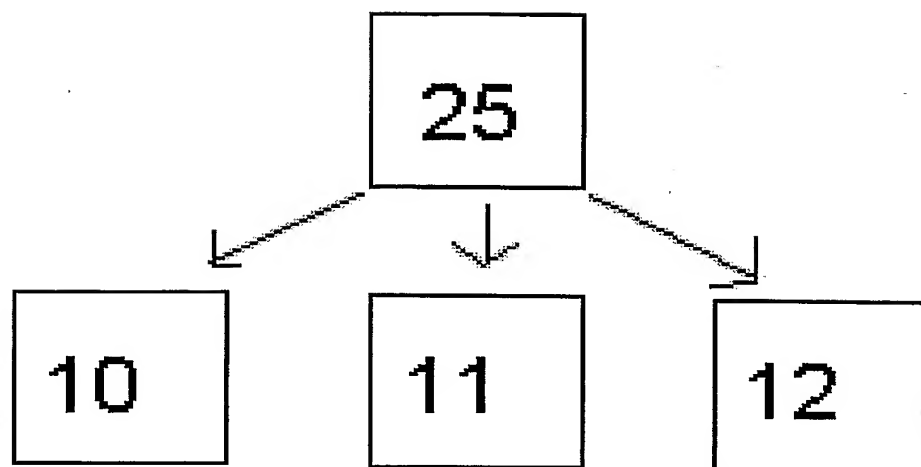


Figure 3

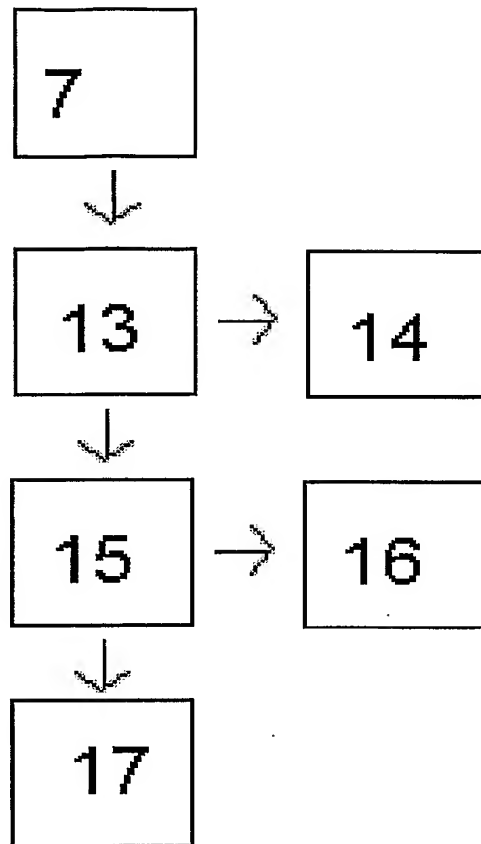


Figure 4

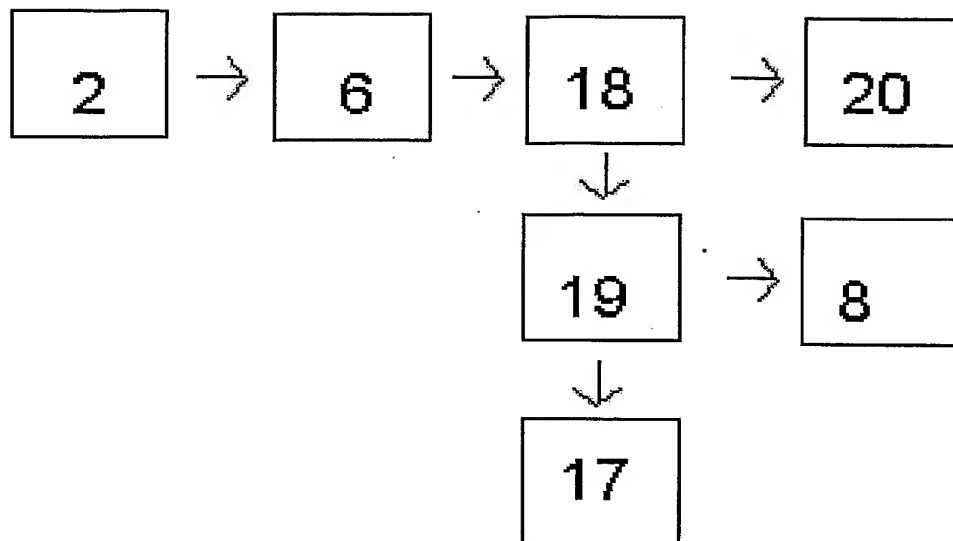
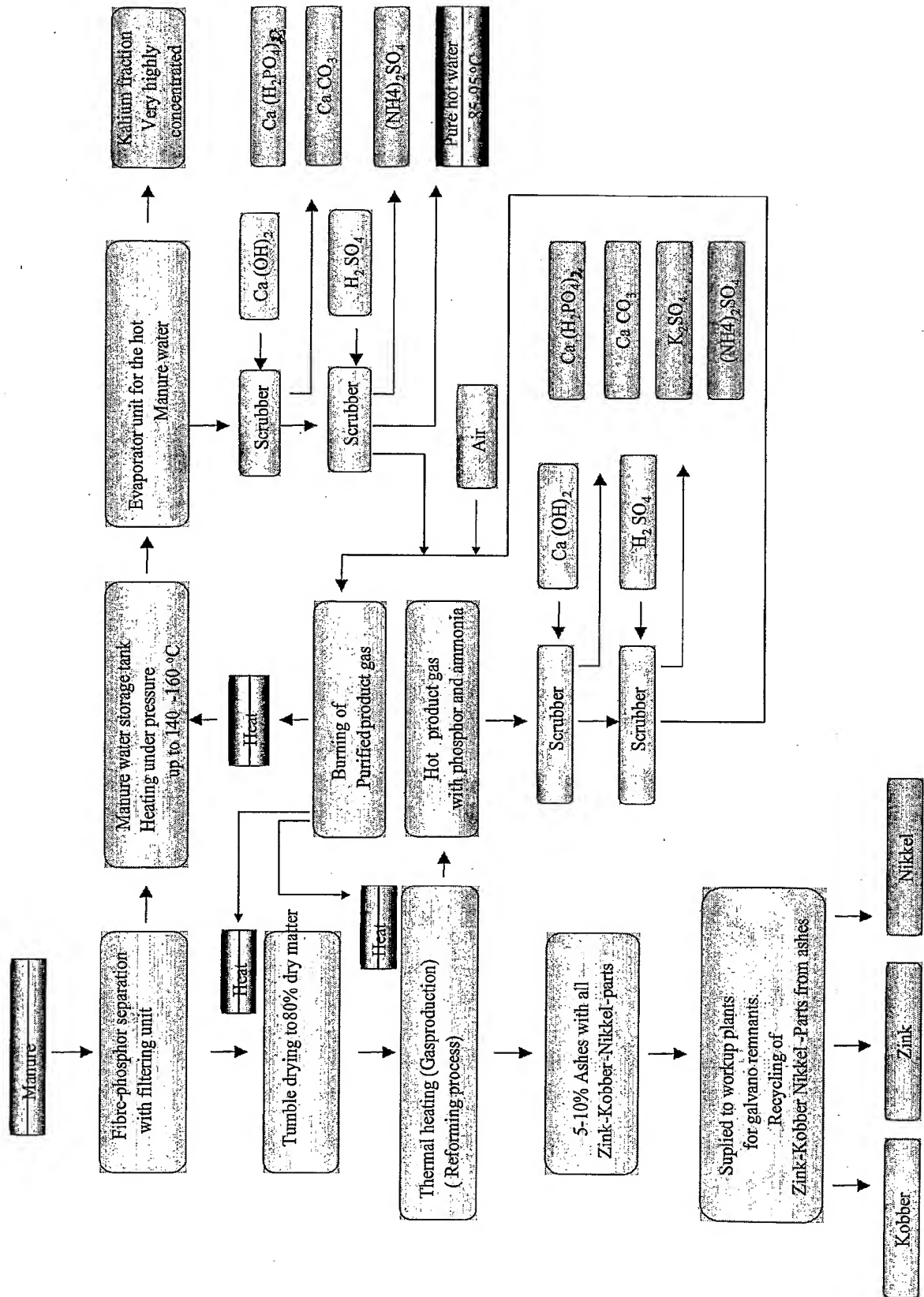


Figure 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DK 03/00787

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 C10J3/00 C02F11/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 C10J C02F F23G C05F C10L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

PAJ, EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 005, no. 111 (C-063), 18 July 1981 (1981-07-18) & JP 56 051292 A (HITACHI PLANT ENG & CONSTR CO LTD), 8 May 1981 (1981-05-08) abstract ---	1-10
A	WO 99 42423 A (BIOSCAN AS ;NORDDAHL BIRGIR (DK)) 26 August 1999 (1999-08-26) figure 1 abstract ---	1-10
A	LISE MÖLLER AARUP: "Gylleseparator giver renere miljø" INGENJÖREN, vol. 24, June 2002 (2002-06), XP002272974 page 14 --- -/--	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 March 2004

Date of mailing of the international search report

01.04.2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

MÅRTEN HULTHÉN / ELY

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DK 03/00787

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 607 644 A (TEXACO DEVELOPMENT CORP) 27 July 1994 (1994-07-27) abstract	1-10
A	--- EP 1 182 248 A (B T G B V) 27 February 2002 (2002-02-27) abstract	1-10
A	--- US 4 198 211 A (SHATTOCK GEOFFREY F) 15 April 1980 (1980-04-15) abstract	1-10
A	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 579 (C-668), 20 December 1989 (1989-12-20) & JP 01 242185 A (KEMIKARUMAN:KK), 27 September 1989 (1989-09-27) abstract -----	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 International Application No
 PCT/DK 03/00787

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 56051292	A	08-05-1981	NONE	
WO 9942423	A	26-08-1999	WO 9942423 A1 AU 5983298 A CA 2346706 A1 CN 1284938 T EP 1056691 A1 JP 2002511832 T US 6368849 B1	26-08-1999 06-09-1999 26-08-1999 21-02-2001 06-12-2000 16-04-2002 09-04-2002
EP 0607644	A	27-07-1994	CA 2086212 A1 JP 2741565 B2 JP 6246297 A US 5211724 A EP 0607644 A1 DE 69312250 D1 DE 69312250 T2	24-06-1994 22-04-1998 06-09-1994 18-05-1993 27-07-1994 21-08-1997 30-10-1997
EP 1182248	A	27-02-2002	NL 1016019 C2 EP 1182248 A1	26-02-2002 27-02-2002
US 4198211	A	15-04-1980	GB 1595803 A BE 885575 A7 DE 2800666 A1 FR 2376827 A1 JP 53111303 A SE 7714973 A	19-08-1981 02-02-1981 20-07-1978 04-08-1978 28-09-1978 08-07-1978
JP 01242185	A	27-09-1989	NONE	

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau



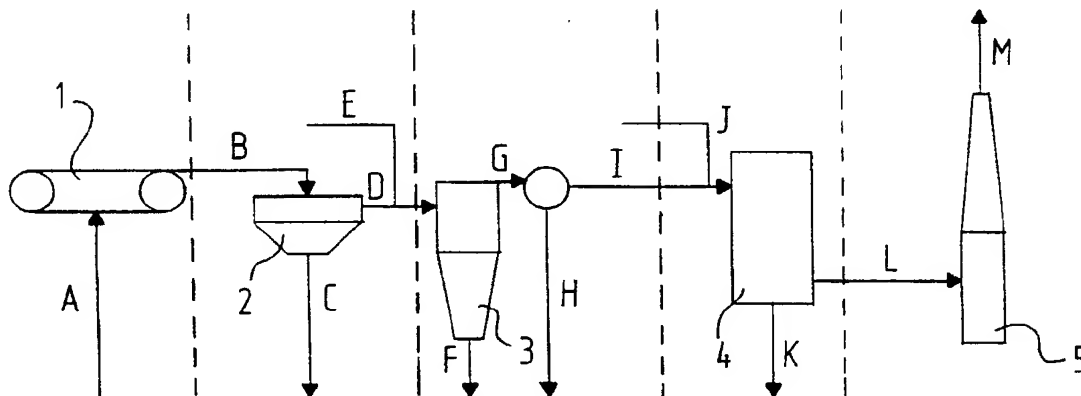
(43) International Publication Date
16 August 2001 (16.08.2001)

PCT

(10) International Publication Number
WO 01/58244 A2

- (51) International Patent Classification⁷: **A01C 3/02** (74) Agent: **DUXBURY, Stephen**; Arnold & Siedsma, Sweet-
inckplein 1, NL-2517 GK The Hague (NL).
- (21) International Application Number: PCT/NL01/00077
- (22) International Filing Date: 2 February 2001 (02.02.2001)
- (25) Filing Language: Dutch
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data:
1014267 2 February 2000 (02.02.2000) NL
- (71) Applicant (*for all designated States except US*):
COÖPERATIEF ADVIES EN ONDERZOEKSBURO
U.A. ECOFYS [NL/NL]; Kanaalweg 16G, NL-3526 KL
Utrecht (NL).
- (81) Designated States (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AU,
AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ,
DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR,
HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR,
LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ,
NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.
- (84) Designated States (*regional*): ARIPO patent (GH, GM,
KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian
patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European
patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE,
IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF,
CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Published:**
— *without international search report and to be republished
upon receipt of that report*
- For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guid-
ance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the begin-
ning of each regular issue of the PCT Gazette.*

(54) Title: SYSTEM OF APPARATUS AND PROCESS FOR GENERATING ENERGY FROM BIOMASS



(57) Abstract: The invention relates to a system for generating energy from biomass, comprising the steps of: incinerating and/or gasifying the biomass in an incineration and/or gasification reactor, further comprising an electricity generator coupled to the incineration and/or gasification reactor, wherein the reactor is a Torbed reactor.



WO 01/58244 A2

**SYSTEM OF APPARATUS AND PROCESS FOR
GENERATING ENERGY FROM BIOMASS**

Livestock farms have to contend with a manure surplus which causes commercial and environmental problems. The entire poultry farming sector in the Netherlands for instance generates an annual production
5 of about 1.2 million tons of manure, which results in a problem of ammonia emission.

According to a first aspect of the present invention, a system of apparatus is provided as claimed in claims 1-13.

10 A very efficient processing of biomass can result from using a Torbed reactor to incinerate and/or gasify the biomass, wherein the preferred use of the Torbed reactor, as described inter alia in US 4479920, ensures that, compared with for instance a vortex
15 reactor, less carcinogenic tar is created.

Further advantages of the system according to the present invention are as follows:

- The costs of manure disposal have risen considerably; these costs can be saved;
- 20 - Manure transport becomes unnecessary; reduction in circumstances leading to possible disease;
- In the case of local processing heat is released which can be directly utilized for further drying of the manure to about 85% dry substance, so that the
25 ammonia emission is considerably reduced;
- Generated energy can fully cover the energy demand and a possible surplus of electricity can be sold as green energy to a utility company.

According to a second aspect a method is provided for generating energy from biomass using the above stated system as claimed in claims 14 -17.

Glass horticulture has a high heat demand while 5 poultry farms have a very low or no heat demand. It has been calculated that respectively 13 broiler chickens, 12 laying-hens or 7 parent animals provide sufficient manure to meet the full heat demand of 1 m² tomato cultivation (= 50 m³ aeq).

10 The set-up can be as follows:

At the poultry farm a quantity of manure is dried to 85% dry substance (the manure can optionally be pelletized in simple and inexpensive manner to manure pellets). The manure can be stored without dust formation 15 and emission (ammonia) for a long period (for instance in large bags).

Transport of the dried manure to the glasshouse market gardener takes place by means of freight transport. The manure can be supplied directly to a 20 glasshouse market gardener, but also via a distribution/mixing centre. A distribution and mixing centre may be important to the glasshouse market gardener in guaranteeing supply and quality of the manure.

The complete Torbed installation (1800 kW, 25 including flue gas purification) is built at a glasshouse market garden (with about 5 ha.). The produced heat will (with use of heat buffer) fully satisfy the heat demand. The produced electricity will be supplied in large part as green energy to a power company. The market gardener 30 saves about 30% to 40% on his energy consumption.

According to a third aspect of the present invention the use of a Torbed reactor is provided for incinerating and/or gasifying a biomass, particularly animal manure, and more particularly chicken manure.

Background of the invention

The quantity of manure per animal depends mainly on the size of the animal.

The wet manure, without any drying, is less
5 suitable for direct incineration.

The dry substance content (% d.s.) of the manure is increased by means of drying. This drying process can take place in the house as well as outside. Pre-drying of the manure in the house results in a % d.s.
10 of 40 to 60%, depending on the drying system. A possible further drying of the manure takes place outside the house. Different processes can be applied for this purpose, wherein the % d.s. increases to a maximum of about 85%.

15 The manure is produced in a continuous process. The manure is discharged batch-wise to the optional further drying. To maintain the progress of a continuously running manure processing the storage of manure is sometimes necessary.

20

Preprocessing

Preprocessing has for its purpose to keep the emission of ammonia as low as possible and to make the manure suitable for incineration in the Torbed.

25 Dry granular manure is very suitable for incineration in the Torbed. In order to obtain such a manure it is necessary to dry the manure further in a further drying system for manure. The manure is certainly suitable for storing for a longer period as a result of
30 this further drying. The different further drying systems currently in use make use of the heat from the house. If necessary some of the heat is recovered with an air-air heat exchanger. The further drying can be accelerated and improved by making use of heat supply from outside and by
35 improving the contact between the wet manure and the warm air.

A well-known further drying system is for instance the belt dryer, wherein the manure is spread on

a number of long conveyor belts in a closed space. The flow-by air absorbs moisture from the manure. This system produces a % d.s. of a maximum of 85%. To accelerate further drying a drum drying system has been developed wherein the manure is brought into contact with warm air in a rotating drum. This drum drying system makes use of warm air from the house. It is possible to use the heat of the manure incineration to accelerate the drying process. The capacity of the same drum dryer is hereby increased, or the same quantity of manure can be dried with a smaller drum. The choice of material for the drum depends on the temperature. Owing to the rapid drying the ammonia emission will be further reduced and the % d.s. to be achieved is higher than with a further drying system at low air temperature. The required heat at high temperature could then be supplied by the Torbed reactor.

Composition

Chicken manure is a biological product. The production and the quality of biological material depends on different variables which often cannot all be controlled equally well. The quantity and composition of the manure will as a result vary, often per house.

25 Incineration

Compared with other organic materials, chicken manure has a relatively high content of different ash-forming substances such as calcium, sodium and potassium.

The incineration of chicken manure can involve sintering. Sintering of chicken manure begins at a temperature of about 900°C. The minimum recommended incineration temperature is 850°C whereby the margin between incomplete incineration and sintering amounts roughly to only about 50°C.

35 There are different ways of preventing the occurrence of sintering during incineration. Most methods are based on temperature control and realization of a homogeneous temperature in the oven (by preventing hot

spots). In the present invention two preventive methods have been chosen: the pretreatment of the manure and the adjustment of the incinerator.

5 The Torbed reactor

The Torbed reactor is a reactor which can be used as incinerator. By keeping the mass in the reactor small the conditions in the reactor can be regulated rapidly and accurately (better than in a reactor with
10 long residence times and large volume). The rapid and precise temperature control in the Torbed reactor makes it an interesting installation for the incineration of chicken manure wherein, because of sintering, the temperature must remain within the range of 850 and
15 900°C. The rapid and complete incineration in the Torbed reactor is realized by feeding the reactor in counterflow. The air is supplied from below at an angle (whereby a rotating upward flow results) and the fuel (manure) is guided into the reactor from the top. The
20 counterflow and the rotating movement causes the fuel to float as a turbulent ring. The turbulence provides for a homogeneous distribution of temperature and reactants. The size of the input and the particle size distribution determine the thickness of the ring.

25 For good management of the Torbed the input must preferably enter the Torbed as small homogeneous particles. This means in practice that the input is preferably injected as liquid or fed as fine solid material. Without preprocessing, chicken manure has a dry
30 substance content of about 20% and, after pre-drying, a dry substance content of about 60%. Chicken manure with a dry substance content of 20% is a thick slurry and manure with a dry substance content of 60% is a paste-like material which cannot be stored for a long period because
35 emissions of harmful substances are too high.

There are two options for making chicken manure more suitable for storage and input into the Torbed reactor. The first is to add water and the second is to

extract water by means of drying. The first possibility, adding water, is discounted owing to the energetic drawbacks of adding water to the fuel.

The second possibility, drying the manure, improves the properties of the manure (higher net heating value, suitability for storage etc.) and reduces the volume of the manure. The energy costs of manure drying can be covered by effective use of the residual heat of incineration.

10

Incineration products

Incineration of materials is an exothermic oxidation reaction; substances in reduced form are oxidized at a high temperature by oxygen. Owing to the high temperatures and the variety of substances during incineration many different reactions can occur which result in different reaction products. The oxidation produces heat and residual substances: flue gas and ash. Both residual flows are mixtures of the incineration products. The formation of the reaction products can be controlled with the composition of the fuel and the control of the incinerating conditions (temperature, input, air etc.), i.e. the incineration residues (which are emitted) depend on fuel and installation (- adjustment).

25

Ash composition

Ash is the collection of solid particles which remain after incineration. The composition of incineration ash is characterized by the presence of materials which do not volatilize even at high temperatures, most of these materials being salts. These salts, built up of elements present in the fuel which do not volatilize, accumulate in the ash. Harmless concentrations of elements in the fuel (for instance of zinc) can be concentrated to dangerous concentrations in the ash. The Dutch government has defined which concentrations of substances are permissible in the

35

Designation of Hazardous Substances Decree (BAGA). If the waste complies with the BAGA standard, the waste is suitable for different applications, such as for instance filler material in cement or asphalt.

5 Ash is subdivided into two types: ground ash and fly ash. The ground ash is the solid material which remains after incineration and is not discharged with the hot gases. Ground ash consists mainly of non-volatile compounds. Fly ash consists of smaller ash particles
10 which are entrained by the incineration gases. The actual composition of fly ash is the same as the composition of the ground ash. However, contact with the flue gases can result in volatile flue gas compounds being absorbed on the surface of the fly ash. The longer the fly ash is in
15 contact with the flue gases, the higher the concentrations of absorbed substances on the fly ash.

 The flue gas of incineration is a mixture of gaseous combustion products and solid particles which are carried along with the hot gases. The composition of the
20 flue gas mixture depends on installation and fuel. The composition of the flue gas of chicken manure incineration in a Torbed reactor has been derived from literature values for comparable systems. The difference between these values and the actual flue gas composition
25 will have to be determined on the basis of incineration tests with the Torbed reactor.

 The found literature values show a relatively wide distribution. The cause of the distribution is twofold. The varying composition of the fuel (manure)
30 probably causes small fluctuations in the flue gas composition. The most important reason for the distribution is the analysis of the gas and the set-up of the tests. None of the sources accurately reports the conditions under which the incineration, the sampling and
35 the analysis have taken place.

 Figure 1 and figure 2 show the dry and wet flue gas purification lines with SNCR (Selective Non Catalytic Reduction). These two purification lines illustrate,

subject to the flue gas composition, solutions for meeting emission requirements.

1. The dry gas purification will be able to realize the upper limit of the emission requirements if the quantity of NO_x in the flue gas does not far exceed the expected value.
2. The second line, the dry gas purification with SNCR, is an intermediate variant which takes into account possible strict NO_x emission requirements. The dry purification with an SNCR system complies with the upper limit of emission range, even if the NO_x in the flue gas is high or if the emission standard for the NO_x is made more stringent.

In figures 1 and 2 heat (flow A, A') is guided into a manure dryer (1, 1'). Dried manure (flow B, B') is subsequently incinerated in an incinerator (2, 2') using SNCR. Ground ash (flow C, C') is guided away. The incinerated manure (flow D, D') is guided into a cyclone (3, 3'), wherein NH_3 (flow E, E') is added to the flows D, D'. Fly ash (flow F, F') is guided out of the cyclone (3, 3'). The resulting flow (G, G') is guided through a heat exchanger before being guided into a dry washer 4 (fig. 1) or a wet washer (4', fig. 2) (flows I, I'). Carbon and calcium are supplied (flow J) to flow I (fig. 1). A slurry flow (K, K') is guided out of the dry/wet washer (4, 4') before the resulting flow (C, C') is guided away via an outlet and ventilator (5, 5') (flow M, M').

The wet gas purification with SNCR will be able to achieve the lower limit of the emission requirements.

Variant without or with limited flue gas purification. This illustrates the investment cost for a situation where less stringent emission standards are in force.

On the basis of experiments it has been found that manure with a % d.s. of 55-60% can be incinerated in a Torbed reactor. The incineration of chicken manure can be coupled to a flue gas purification line. The required embodiment of this line depends on the flue gas

composition and on the emission requirements which will be in force. The ash from incineration is not expected to be hazardous waste.

5 Energy conversion

The processing of manure has a dual purpose. Firstly, the volume of the manure is greatly reduced to a limited quantity which can be further processed economically and ecologically. Secondly, the processing
10 of manure generates energy in the form of heat. This heat must be used as effectively as possible.

The heat demand of a poultry farm is small because the animals themselves produce a large part of the heat demand. Only in the case of broiler chickens is
15 there a considerable heat demand at the beginning of the production cycle. Because supplying heat to third parties is not economically worthwhile, it is interesting to investigate whether the heat can be converted into an economically valuable form such as electricity.

20 The conversion of heat to electricity is possible in different ways, these are: Rankine cycle process with steam, Rankine cycle process with a volatile organic substance, a Stirling engine or a hot air engine.

- The Rankine cycle process with water as medium
25 (steam cycle) is only economical at outputs greater than 1 MWe. The costs of a small installation are relatively high and the efficiency is low, so there is no demand for this type of installation. The development of a machine with an electrical power
30 between 10 and 100 kWe is not envisaged in the short term.

- The Rankine cycle process with an organic substance as medium (ORC: Organic Rankine Cycle) offers more possibilities in theory. The process acts at lower
35 temperatures and pressures.

- Steam engine. This is the 'old-fashioned' steam engine in a new form. There is a commercial product available which is suitable for the use of the flue

gases from a Torbed incinerator. The efficiency is about 7% at an electrical power of 95 kW.

- Stirling engine. The conversion of heat to electricity with a Stirling engine has much potential particularly at small outputs. At this moment about eight manufacturers are known world-wide. The details of these manufacturers and expected market developments are shown in appendix 7 and 8.
- 10 - Hot air motor. There is a commercial product available with an electrical power of 40 kW. This is a gas turbine which can be made suitable for the use of hot flue gases as heat source.

Of the outlined possible technologies, the use of the hot air turbine, the Stirling engine or the steam engine are the most obvious for the conversion of heat to electricity in poultry manure processing at farm level.

Hot air turbine

20 A hot air turbine is a gas turbine wherein the incinerating chamber is replaced by a high temperature heat exchanger. The British company JET supplies ROVER gas turbines with a heat demand of 400 kW at 700°C turbine inlet temperature. The full load output amounts to about 10%. This gas turbine can be readily converted to a hot air turbine.

The heat comes from the Torbed reactor and is released at a temperature of 800°C and 1 atm. In a heat exchanger this heat is transferred to the air coming from the compressor. This air has a pressure of about 3.2 atm and is heated isobarically to about 700°C. The hot air expands in the turbine and thereby drives the compressor and the generator. The air from the turbine has a pressure of 1 atm and a temperature of about 500°C. This hot air can be used to heat the broiler chicken houses.

The heat exchanger is based on counterflow and constructed from tubes and plates. At a fixed power the temperature difference between the ingoing flue gases and

the outgoing hot air determines the output, the dimensions and the costs of the heat exchanger.

The improvement in the output of the heat exchanger means a reduction of the temperature difference. The heat-exchanging surface is proportional to the temperature difference. At a constant diameter of the heat exchanger the length of the heat exchanger is inversely proportional to the temperature difference. However, the output of the heat exchanger increases only marginally as the length increases.

A temperature difference between the heat flows of 150°C has been chosen as example. The hot flue gases enter the heat exchanger at a temperature of 850°C. The air from the compressor leaves the heat exchanger at a temperature of 700°C. At these powers and temperature the length of the heat exchangers amounts to about 3 metres. A greater length is realized by folding the heat exchanger 'double'.

20

Stirling engine

The characteristics of a Stirling engine are:

- the operation of a Stirling engine is based on the heating and cooling of a closed quantity of gas.
- 25 Mechanical energy is herein released which can be converted to electricity.
- The electrical output greatly depends on the temperature on the warm side of the Stirling engine. Experiments and field tests produce outputs of 25 to 30 40%, wherein it should be noted that here the reliability and life span decreases as temperature increases. Taking the information of the various manufacturers as starting point, an output of 20% is realistic. This estimate is based on the fact that 35 the temperature on the warm side of the Stirling engine in the application in combination with a Torbed reactor is much lower than applications of a

Stirling engine directly heated by fossil fuels or the sun.

- The heat is fed to a heat exchanger on the warm side of the Stirling engine. The temperature is about 600 to 1000°C. It is very important here that this heat exchanger is not fouled by the flue gases.
- The heat is discharged by means of water, the cooling water has a temperature of a maximum of about 80°C. This heat can be relinquished to the house or the environment by means of a radiator.

Much research has been done in the last decades into the use of the Stirling engine. Since 1980 this research has been directed mainly at the use of concentrated sunlight as heat source. The advantages of such an application are the very high temperatures of up to about 1300°C and the 'clean' heat. In recent years research has focussed more on the development of Stirling engines which are driven by the flue gases of fossil fuels and biomass.

The development of the Stirling engine has not yet reached the stage of a commercial product. Many manufacturers are at the stage of extensive field tests.

The ideal Stirling engine for a poultry farm of 50,000 chickens has the following specifications:

- Thermal power between 100 and 500 kW;
- Electrical power between 10 and 50 kW;
- Feed temperature flue gases about 800°C;
- Heat exchanger is suitable for relatively 'dirty' flue gases;
- Electrical output is at least 15%.

This Stirling engine serves to demonstrate the operation of the combination of the Torbed reactor and the generation of electricity. The results of this request to manufacturers for information are shown in Appendix 7 and 8. In short it can be concluded that, while they are interested, they cannot supply in the short term, nor do they wish to participate in a demonstration. The developments at the various

manufacturers are running parallel and will result, according to them, in a commercially available product in 2001.

5 Steam engine

The firm Spilling in Germany supplies a steam engine which at a steam temperature of 180°C (10.5 atm) has an electrical output of about 7%. At a steam production of 2.3 ton/hour the electrical power amounts
10 to 95 kW. At a steam production of 0.42 ton/hour the electrical power is zero. The use of this steam engine under partial load is possible up to about 0.7 ton/hour (400 kWth) and then produces about 20 kWe at an output of 5%.

15 The hot air turbine offers the best prospects for the time being. The demanded thermal power of 400 kW (after the heat exchanger) requires about 500 kW heat from the Torbed reactor. This heat is (at 7500 full load hours per year) available at farms with 112,500 broiler
20 chickens, 100,000 laying hens or 60,000 parent animals. 40 kW of electricity is then generated continuously with an output of 10%.

Figure 3 presents a diagram of the configuration for manure preprocessing, manure
25 incineration, flue gas purification and generation of electricity via a system according to the present invention.

Dried manure P, coming from a manure dryer 20, is incinerated and/or gasified in a Torbed reactor 22.
30 Ground ash, flow Q, is discharged and NH₃, flow S, is added. The incinerated/gasified manure, flow R, is subsequently guided into a cyclone 24 where the greater part of the fly ash, flow T, is captured. Low-dust flue gases, flow G, relinquish heat in a heat exchanger 26 to
35 compressed air O coming from a hot air turbine 30, via a compressor 28. This hot air, flow V, produces mechanical energy in the turbine 30 for a generator 32 which is connected to the electricity grid via a converter 34. The

cooled flue gases W are further purified in a dry washer 38, wherein carbon and calcium, flow X, are injected into flue gases W, and leave the installation via flow Y and chimney 36. The residual heat (flow O) of the turbine is 5 partially used to dry manure from 55% d.s. to 85% d.s.

Energy demand and supply

When comparing the demand and the supply of energy, a distinction is made between three types of 10 poultry farm: broiler chickens, laying hens and parent animals. For the moment 50,000 animals per farm are taken as starting point for this comparison.

15 Energy demand

The energy demand of a poultry house is divided into a heat and an electricity demand. A poultry house requires electricity for ventilation, lighting and internal transport of feed, eggs and manure.

20 The heat demand is particularly present in the case of broiler chickens at the beginning of the production cycle. Table 1 shows the orders of magnitude and some characteristics of the energy demand.

25 Table 1 Energy demand.

Farm size 50,000 animals	Heat demand (GJ)			Electricity demand (kWh)		
	Total	Summer	Winter	Total	Summer	Winter
30 Broiler chickens	2200	-	++	50,000 (180 GJ _e)	++	+
Laying hens	0	0	0	125,000 (450 GJ _e)	+++	++
Parent animals	?	?	?	300,000 (1080 GJ _e)	+++	++

35 The electricity demand of the three types of farm is practically constant throughout the year. In summer there is a small increase for extra ventilation in

respect of the discharge of excess heat. If a further drying system is applied for manure, the electricity consumption for ventilation and internal manure transport rises, with a peak in the winter. The electricity demand
5 hereby levels off even more.

The distribution in heat demand is much greater. Laying hens and parent animals require practically no heat, while broiler chickens have a great heat requirement. Broiler chickens are on average much
10 smaller than laying hens and parent animals, and demand a higher ambient temperature. There is a clear peak in the heat demand in winter.

Drying of the manure to a % d.s. greater than 80% has the advantage that it can be stored without
15 danger of heating up and without emission of ammonia.

Heat is required to dry the manure. The present further drying systems for manure can dry the manure with the heat which is recovered from the house. The degree of drying of the manure depends among other things on the
20 temperature and the flow rate and the relative air humidity of the ventilating air. During a moist cold period the drying process progresses slowly, whereby manure with a lower % d.s. remains.

25 Energy supply

The supply of energy is provided by the incineration of manure. Fully dried manure (100% d.s.) has a heating value of 11 to 20 MJ/kg. At 85% d.s. the heating value of manure amounts to 9 to 17 MJ/kg. Table 2
30 shows the energy supply for the three types of farm.

Table 2 Energy supply.

5	Poultry farm (50,000 animals)	Manure supply (85% d.s.) (ton/year)	Incineration value (85% d.s.) (GJ /ton)	Energy supply (GJ /year)	Electricity production ¹ (kWh/year)
	Broiler chickens	350	17	6,000	130,000
	Laying hens	700	9	6,700	140,000
	Parent animals	950	12	11,200	250,000

10 ¹ output of electricity generation 8%

The last column shows the amount of electrical energy which can be produced with the released heat. From the comparison with the electricity demand of the farm itself (Table 3) can be seen that the possible electricity production (Table 2) is much higher than the electricity demand of the poultry farm.

Table 3 compares the energy supply with the total energy demand of the three farms. The total energy demand is the sum of the heat demand and the electrical energy from the hot air turbine. The heat demand for generating electricity is covered by the heat extracted from the flue gases. During this exchange of heat about 20% of the heat is lost. At a conversion efficiency of 10% of the hot air turbine, about 8% of the heat from the flue gases is converted to electricity so that the greater part of the supplied heat at a lower temperature is still available, for instance for drying manure.

Table 3 Energy demand and supply.

5	Poultry farm (50,000 animals)	Energy supply (GJ/year)	Energy demand			Energy demand as proportion of energy supply
			Heat (GJ)	Elect. (kWh _e)	Total (GJ)	
	Broiler chickens	6,000	2,200	50,000	2,400	40%
	Laying hens	6,700	n.a.	125,000	450	7%
	Parent animals	11,200	n.a.	300,000	1,100	10%

10

Table 3 shows that the supply of energy from the manure is more than sufficient to meet the energy demand of the three types of house. This large supply of energy gives some latitude in the design and use of the installations. Because there is a heat surplus the residual heat can also be converted into electricity. The surplus electricity can be supplied to the grid.

The extra heat demand for the optional forced drying of the manure is not included in the heat demand. Drying of manure with 20% d.s. to 85 % d.s. costs energy but this energy is available. In the case of forced drying from 55% d.s. to 85 % d.s. much less heat is required. Because there is sufficient supply of heat, energy losses which occur in for instance the incineration of the manure form no obstacle to a balanced energy management.

Processing of the manure using the combination of Torbed incineration and small-scale electricity generation is formed by:

- Further drying unit for achieving 85% (for the operational reliability of the incinerator (perhaps not necessary) and the possibility of buffering the manure).
 - Small storage of further dried manure as buffer for the continuously running incineration.
 - The manure transport from the house to the incinerator.
 - Input into the Torbed reactor.
 - The Torbed reactor.
 - The further treatment of the flue gases.
 - The conversion of heat to electricity with a hot air turbine with an electrical power of 40 kW.
 - Connection to the public electricity grid (converting from 400 Hz to 50 Hz, 230 V)
 - Housing of the complete installation.
- The broiler chickens have an external heat requirement. This heat is extracted from the flue gases after the first heat exchanger with a second heat exchanger.

25 Broiler chicken farm without electricity production

An appraisal has been made at the broiler chicken farm as to whether the costs of incinerating the manure can be recovered without the production of electricity. The broiler chicken farm has been chosen for this purpose because there is a considerable heat demand which can be fully covered by the heat production of the Torbed reactor.

Table 4 Energy demand and supply without electricity production (112,500 broiler chickens)

5	Manure (d.s. 85%)	Energy supply	Energy demand	
	(ton/year)	(GJ/year)	(GJ/year)	Natural gas (m ³ /year)
	800	13,500	3,200	105,000

10 The heat demand is greater in winter than in summer. The growth cycle of the broiler chickens takes about 7 weeks. At the beginning of the cycle the heat demand is greatest and the manure production the lowest. At the end of the growth cycle the heat demand is low and
15 the manure production high. That the heat demand and supply do not coincide can be resolved by storing the manure for a period of a maximum of one growth cycle. This will amount to about 50,000 kilos of manure. This manure is incinerated during the first few weeks of the
20 subsequent growth cycle.

Research by the inventors shows that the energy demand amounts to about 24% of the energy supply. The supply is therefore amply sufficient for heating the house. There is about 10,000 GJ/year available for this
25 purpose. About 950 GJ/year is required to evaporate the surplus moisture from the pre-dried manure from the house (d.s.% 55%) to a d.s. of 85%. This is only 10% of the surplus heat. There is therefore sufficient heat available for further drying of the manure.

30

Clustering of farms

The clustering of farms has for its object to improve the economic result of small-scale manure processing. By exchanging manure, heat and electricity,
35 adjacent farms can link their mutual shortfalls and surpluses to each other.

- Supply of manure by a number of farms to one large Torbed reactor located centrally at one farm. This has the advantage that the installations for incineration, flue gas purification and electricity generation can take a larger form and are thereby cheaper per unit.
- Supply of heat from a centrally located farm to nearby broiler chicken farms.
- Supply of electricity from a farm with small-scale electricity generation directly to nearby farms, wherein the electricity price charged to these farms can be higher than the refund for return supply to the public grid.
- The clustering of farms also involves additional costs for the transport of manure, heat and electricity.

Cooperation poultry sector with glasshouse market gardening sector

A poultry farm has a low or no heat demand. Distribution of the produced heat is only rarely an option because of the great losses. This means that the heat produced there cannot be utilized directly. Conversion of heat into electricity requires an additional high investment and the conversion efficiency in the case of incineration will amount to only about 8%. The result is that the major part of the calorific value of the manure disappears as unused heat.

In contrast, the glasshouse market gardening sector has a high energy demand. This lies between 30 and 60 m³/m²/year or 9,500 to 19,000 GJ/ha/year. There is a heat demand practically every day, which can however vary considerably from hour to hour. It has been calculated that respectively 13 broiler chickens, 12 laying hens or 7 parent animals produce sufficient manure to satisfy the full heat demand of 1 m² tomato culture (= 50 m³ aeq).

Linking poultry with glasshouse market gardening

The scenario for a link between the poultry and glasshouse market gardening sectors can be outlined as follows.

The manure is dried on the poultry farm to a d.s.% of 85%. This manure can be supplied to a heat-demanding party such as for instance a glasshouse market garden. The quality of the dried manure is such that it has no gaseous emissions, although it does cause dust. An additional step could be pelletizing the dried manure. Transport and long-term storage is then no longer a problem.

The poultry farmer supplies dried (optionally pelletized) manure (d.s. 85%) to the glasshouse market garden. The manure is stored. The manure is incinerated in a Torbed reactor and the flue gases are purified. The heat is supplied to the glasshouse. Because a Torbed reactor must be switched on and off as little as possible, a buffering of heat is necessary. This buffer is charged with heat when the heat demand of the glasshouse is lower than the heat production of the Torbed reactor. When the heat demand rises above the capacity of the Torbed reactor, the buffer will supply heat to the glasshouse. If the buffer is empty and the heat demand is higher than the capacity of the Torbed reactor, a gas boiler will supply the required extra heat. If the heat demand is less than the nominal output of the Torbed reactor for a longer period, the Torbed reactor will be switched off and all heat is supplied by the gas boiler.

A glasshouse market garden can obtain the dried manure directly from one or more poultry farmers but also via a mixing/distribution centre. Purchase via a mixing/distribution centre may have advantages for the glasshouse market garden in respect of the guarantee of the quality and supply of the manure.

DESCRIPTION OF PURIFICATION EQUIPMENT IN FIGURES 1, 2
and 3

Dust removal

5 The larger dust particles must be removed first
because at lower rates of flow the particles are
deposited and may accumulate (accumulation of dust can
disrupt the purification line). Dust particles are
moreover condensation nuclei and reaction surfaces for a
10 wide range of complex reactions. Timely removal of dust
prevents these reactions occurring.

Heat exchanger

 The two main reasons for placing the heat
15 exchanger at the front of the line are the high
temperature at the beginning of the line and the
advantages of a rapid cooling. The higher the operational
temperature, the higher the outputs in the further
generation and utilization of energy. The purification
20 steps which follow limit the minimum and the maximum
temperature. It is therefore wise to have the heat
exchanger fulfill a dual function: effective utilization
of the heat and cooling of the flue gas to within the set
temperature limits of the further purification. The
25 placing of the heat exchanger after the cyclone results
from the necessity of removing the larger dust particles
because it is possible for dust to accumulate in the heat
exchanger.

 A rapid cooling of the gases prevents the
30 occurrence of complex reactions between the different
components in the flue gas.

CYCLONE

Purpose: Dust removal

Additional aspects: the cyclone captures possible sparks.

5 **Design properties:**

Temperature must remain above dew point.

The material used is determined by the temperature and corrosive properties of the flue gas. The pressure drop over a cyclone is estimated at 750 Pa.

10 **Principle:** Difference in mass operation:

Dust particles (up to a determined size) are separated from the residual flow by centrifugal forces. Solid particles have a greater density and mass and thereby a greater inertia. They are driven against the wall of the cyclone whereby they cannot follow the upward flow of the gas. Small dust particles are not removed. In the case of particles smaller than 100 μm the aerodynamic properties must be taken into account.

CLOTH FILTER

Purpose: Dust removal

25 **Additional aspects:**

Require minimum and maximum temperatures and a prior removal of dust. The prior removal of dust is realized by the cyclone and the temperature is regulated by the heat exchanger.

30 **Design properties:**

Temperature must remain above dew point.

The choice of material for the filter determines the maximum temperature (and the cost).

The pressure drop is estimated at 1200 Pa.

35 Depending on the properties of the dust, complications may occur (for instance encrusting or clogging of the cloth).

Principle: Difference in particle size

Operation:

The filter cloth has holes of a determined size. The gas can penetrate through these holes. The solid particles remain behind on the cloth. The solid particles are removed periodically from the cloth (either pneumatically or mechanically).

DRY WASHER

Purpose: Removal of residual substances

Additional aspects: Fly ash removal

Design properties:

Temperature must remain above dew point.
The choice of material for the filter and the incineration temperature of the active carbon determine the maximum temperature (and the cost).
Prior removal of dust is advisable. Pressure drop is estimated at 1200 Pa.

Principle: Difference in adhesive power

Operation:

Active carbon powder is injected into the flue gas and subsequently captured with a cloth filter. Active carbon adsorbs a wide range of materials. For the operation of the filter cloth: see heading filter cloth. Calcium can also be injected together with the active carbon. The calcium reacts with the acids in the gas to form salts which are captured on the cloth filter.

ELECTROSTATIC PRECIPITATION SYSTEM (EPS)

Purpose: Dust removal

Additional aspects: Possible formation of dioxin

Design properties:

Temperature must remain above dew point.
Maximum temperature 400
The pressure drop is very low.

Principle: Difference in ionization potential

Operation:

The gas is guided at low speed through a space where

negatively charged wires are stretched, while the wall of the ESP is positively charged. Dust particles take on a negative charge and migrate to the wall while the flue gas remains unaffected. The dust on the walls is removed periodically.

WET WASHER

Purpose: Removal of acid and metals

Additional aspects: Dust removal

10 **Design properties:**

Choice of liquid determines separation

Temperature must remain below boiling point of solvent (often aqueous solution therefore below 100°C)

15 High pressure drop (11,000 Pa is mentioned in the case of two-stage)

Principle: Difference in solubility

Operation:

20 Flue gas is brought into intensive contact with solvent (packed bed, sprinkler system etc.). Particular substances dissolve in the solvent (for instance metals in acid) and are thus separated from the flue gas. In most cases further treatment of the (saturated) solvent is necessary.

25

SELECTIVE NON-CATALYTIC REDUCTION (SNCR)

Purpose: NO_x removal

Additional aspects: None?

Design properties:

30 Temperature must lie within 850 and 950°C (another source mentions 900 and 1050°C), lower limit determines reactivity and the upper limit is the incineration temperature of NH₃. As far as is known, reaction is not disturbed by other components in the gas. In addition, the temperature falls within the limits of the reaction when the reactor is exited. 35 The gas does not therefore have to be cooled or heated.

Principle: NH_3 reacts with NO_x to form N_2 and H_2O

Operation:

NH_3 is injected into the flue gas and reacts with NO_x to form N_2 and H_2O

5

SELECTIVE CATALYTIC REDUCTION (SCR)

Purpose: NO_x removal

Additional aspects:

10 The catalytic de- NO_x must be placed at the end of the purification because of the temperature requirements made by this method and the disruptive effects of components in the gas such as different acids, dust and other components.

Design properties:

15 Low temperatures 300-450°C

Pretreatment is necessary dust, SO_x disturb the reaction

High pressure drop

Periodic replacement of the catalyst is necessary

20 **Principle:** NH_3 reacts with NO_x to form N_2 and H_2O

Operation:

NH_3 is injected into the flue gas and reacts with NO_x to form N_2 and H_2O . Despite the low temperatures reaction can take place owing to the presence of a catalyst.

25

Technique and gasification

The inventors have shown that a Torbed reactor can also be used for gasifying biomass.

30

Because of its unique design a Torbed reactor can prevent sintering. Two gas purification steps can be incorporated in order to comply a) with the requirements for the heating gases for the gas engine, and b) with the emission requirements for flue gases in the Netherlands.

35

These tests have demonstrated that a Torbed reactor is in principle suitable for keeping the processing conditions well under control so that the danger of problems occurring (among other things

sintering) can be small.

The heating gases which are released on gasification can be fed immediately after purification to a gas engine with which electricity can be generated. A
5 good purification of the gases is important for the lifespan of the gas engine.

Preprocessing of manure

For a good gasification in the Torbed reactor a
10 dry substance content of 55% appears sufficient. The form of the manure is however important. The manure is preferably pelletized or briquetted. Drying to 85% dry substance in a drum dryer gives a granular structure. This granular structure also appears to be very suitable
15 for gasification. Rapid further drying at the poultry farm to 85% d.s. is taken as starting point because of the resulting granular structure of the manure and because the ammonia production can be considerably reduced. The manure can furthermore be transported
20 without emission to a possible heat-demanding industry such as a glasshouse market garden.

Purification and environment

In order to prevent corrosion in the gas engine
25 the heating gases must be purified. Three heating gas purification lines are proposed. The line with a dust removal step, a tar filter and a wet gas washer will almost certainly work well.

With a relatively simple purification the flue
30 gases released on combustion of the heating gases in the gas engine will comply with the emission norms since the heating gases have already been purified. After the above-stated heating gas purification a Selective Catalytic Reduction (SCR) is expected to suffice.

Cooperation between poultry sector and glasshouse market gardening sector

Cooperation with glasshouse market gardens can
5 also be advantageous for gasification. Glasshouse market
gardens have a great heat demand while poultry farms have
a very low or no heat demand. It has been calculated that
respectively 13 broiler chickens, 12 laying hens or 7
parent animals produce sufficient manure to meet the full
10 heat demand of 1 m² tomato culture (= 50 m³ aeq). A
choice was made for a supply of 50%/50% manure
originating from broiler chickens and laying hens.

With this cooperation the poultry farmer
disposes of his manure in an economically sound manner.
15 The glasshouse market garden can reduce energy
consumption by about 30 to 40% without the profits being
adversely affected thereby.

The ammonia emission can be reduced very
considerably if the manure is dried at the poultry farm.
20 The produced heat with high temperature can be used
directly for the purpose of a very rapid further drying
of the manure. When the manure is supplied to a
glasshouse market garden the poultry farmer will also
further dry the manure to 85% d.s. The ammonia emission
25 will herein also be reduced, although according to
expectations not to the same degree as when use can be
made of heat at high temperature.

MANURE PROCESSING

30

Gasification

In gasification processes the biomass is
gasified with an undermeasure of oxygen (air), wherein a
relatively small volume of hot heating gas (mainly CO, H₂,
35 CH₄, ...) is produced. This heating gas can be used for the
production of electricity and/or heat by combustion in a
gas engine or gas turbine. Since the heating gas must
comply with the material requirements, this to prevent

corrosion and deposition problems, the heating gas can be purified before being combusted.

An advantage hereof is that contaminants are removed from a relatively small (fuel) gas volume, which is simpler and can take place at lower cost than with a large volume of combustion gases. Electricity production using a gas engine takes place by means of a generator, whereafter the low temperature residual heat can be used for heating purposes.

The moisture which comes with the manure is converted to water vapour in the gasifier. The calorific value of the gas formed from a mixture of wet and dry bio-fuel is estimated by the inventors at 5 MJ/Nm³. Thermally the wet fraction goes through the gasifier as ballast. The energy required for evaporation of the moisture is recovered at a low, but usable temperature level by condensation in the gas washer following the gasifier.

Advantages of gasification processes compared to incineration processes are inter alia:

- a higher efficiency of generating electricity,
- contaminants can be removed simply and at low cost from the heating gas, and
- a non-leachable ground ash fraction is produced which can be employed for commercial purposes.

Manure preprocessing

The requirements which the manure has to meet for a good gasification in the Torbed reactor are low. A dry substance content of 55% appears sufficient. The manure is preferably pelletized or briquetted. Drying to 85% dry substance in a drum dryer such as designed by Vencomatic gives a granular structure. This granular structure also appears very suitable for gasification. This study assumes a rapid further drying at the poultry farm to 85% d.s. because of the resulting granular structure of the manure and because ammonia production can thereby be considerably reduced. The manure can

moreover be transported without emission to a possible heat-demanding industry such as a glasshouse market garden.

5 Heating gas and tar production

No data is available about the composition of the heating gas which results during gasification of chicken manure in a Torbed reactor or in other types of reactor. It is therefore necessary to make an estimate.

10 The estimate is based on gasification of other basic materials. Account is taken here of the differences in the composition of chicken manure relative to the other basic materials, the temperature during gasification and the reactor type. The resulting estimate of the heating
15 gas composition is shown in table 5.

The tar production depends on the starting material and on the gasification conditions (particularly the temperature). It is important to have a good impression of the tar production because the production
20 of tar causes a loss in energy efficiency (hydrocarbons are in the tar instead of in the heating gas), and tar is moreover categorized as chemical waste. In the quantifying of the tar production it is assumed that the tar production in the Torbed reactor will be comparable
25 to the tar production in a fluidized bed reactor at a temperature of about 800°C (sintering will probably not occur at this temperature). The resulting estimate amounts to 100 mg/Nm³ in percent by weight. The production of tar can perhaps be minimized by a proper adjustment of
30 the Torbed reactor and feedback of the tar into the Torbed reactor.

Table 5 Estimate of the composition (in percent by volume) of the heating gas and the tar production (mg/Nm³) during gasification of chicken manure.

	Component	Derived from similar substances	Supplemented with water and nitrogen
5	VOC -CH ₄	1.0	1.0
	CH ₄	3.0	3.0
	CO	15.6	
	CO ₂	13.0	13.0
	H ₂	13.7	13.7
10	H ₂ O	n.a.	16
	N ₂	n.a.	35.0
	O ₂	0	0
	Ar	n.a.	n.a.
	NH ₃	2.75	2.75
15	H ₂ S	0.03	0.03
	HCN	0	0
	HCl	0.07	0.07
	Total %	49	100
	Residual (N ₂ +H ₂ O) %	51	
20	N ₂	35	
	H ₂ O	16	
	Total	100	
	Tar production (% by weight)	100 mg/Nm ³	

25

n.a.: not available.

Purification of the heating gas

Tar can be removed in different ways from the heating gas. Two methods of removal are the sand filter and the tar cracker.

30

With these two methods of tar removal three different heating gas purification lines are proposed for the heating gas.

- The first purification line is a conventional line.
5 This line consists of a dust removal step, a tar filter and a wet gas washer.
- The second purification line consists of a dust removal step, a tar cracker (simultaneously also removes NH_3) and a dry gas washer.
- 10 - The third and last line is comparable to the second line. In this line the dry gas washer is replaced by a wet one. This purification line is added so as to obviate the possibility of exceeding the NH_3 concentrations.

15

Combustion of purified flue gas

The combustion of purified heating gas can take place in a gas engine.

It is expected that the net heating value of
20 dry heating gas from chicken manure will amount to about 5.5 MJ/kg gas.

Purification of flue gas

Flue gas can be released during combustion of
25 the heating gas in the gas engine. The composition of this flue gas is not precisely known. On the basis of specification requirements for the heating gas for combustion in the gas engine and the behaviour of elements during the combustion an estimate has been made
30 of the composition of the flue gas (see table 6). The gas will probably be relatively clean and (apart from the NO_x and volatile hydrocarbon emission) will comply with future emission requirements.

35

Table 6 Estimate of the tar and the flue gas emissions of gasification after combustion in the gas engine on the basis of the heating gas composition.

	Component	Composition in heating gas		Composition in flue gas after combustion in gas engine	
		Purified heating gas	unit	Crude flue gas	
5	VOC -CH ₄	1.0	vol%	becomes mainly CO ₂	low
	CH ₄	3.0	vol%	becomes mainly CO ₂	low
	CO	15.6	vol%	becomes mainly CO ₂	low
	CO ₂	13.0	vol%	remains CO ₂	high
10	H ₂	13.7	vol%	becomes H ₂ O	?
	H ₂ O	13	vol%	remains H ₂ O	?
	N ₂	38.0	vol%	becomes partly NO _x	high
	O ₂	0	vol%	?	?
	Ar	n.a.	vol%	n.a.	low
15	NH ₃	0.275	vol%	becomes partly NO _x , H ₂ O	high
	H ₂ S	0.021	vol%	becomes SO _x and H ₂ O	low
	HCN	0	vol%	becomes partly NO _x , CO ₂ , H ₂ O	?
	HCl	0.007	mg/Nm ³	remains HCl	low
	Dust	5	mg/Nm ³	remains dust	low
20	Tar % by weight	100	mg/Nm ³		

The effectiveness in respect of the reduction of the CO₂ emission per ton of manure is highest in the case of gasification of manure at a broiler chicken farm and at a glasshouse market garden. In the case of gasification at a glasshouse market garden all heat is used effectively. In gasification at a poultry farm heat is only demanded in the case of broiler chickens. On-site

at the poultry farms a considerable part of the generated heat is in all cases discharged into the environment.

The NH_3 emission can be considerably reduced if the manure processing takes place at the poultry farm
5 using heat produced in the Torbed reactor. This reduction will be greater than in the case of processing at a glasshouse market garden because the released heat cannot be employed for a rapid further drying of the manure.

For good operation an infeed of the manure into
10 the reactor in the form of pellets or briquets is strongly preferred to a moist substance. A granular structure will probably also suffice. A granular structure is obtained by further drying of the manure to about 85% d.s. in for instance a drum dryer. In order to
15 prevent possible problems with the manure infeed and gasification in a Torbed reactor, use is made of manure in granular structure with d.s.% of 85% (in the economic analysis the further drying of manure has been taken into account).

20 After gasification in the Torbed reactor the heating gases will preferably be purified so as to comply with the specifications for gas feed into the gas engine. This purification step is important for care of the gas engine.

25 After the combustion of the heating gases in the gas engine a flue gas purification line is preferably employed. Since an earlier purification for the gas engine has preferably taken place, a simple flue gas purification can be performed consisting of only a De- NO_x
30 step (SRC; selective catalytic reduction). The necessary embodiment of this line depends on the flue gas composition and on the emission standards in force.

The ash of the incineration is not expected to produce any hazardous ('chemical') waste. An additional
35 ash purification line is therefore in all probability not necessary. If it is found (very likely) that the ash complies with the standards, a useful application for the ash can be sought. Owing to the thermal treatment the ash

will not be immediately suitable as manure but will be suitable as raw material for fertilizer. In addition, it is expected that the ash will be suitable as additive in construction materials.

5 Fig. 4 shows an integral system for processing biomass by means of gasification.

 Biomass (B) is guided into a storage space (50) and subsequently gasified in a Torbed reactor 52. Ash A, is guided away from reactor 52. Resulting flue gas, S, is
10 guided via a gas purification installation 54 into a gas reactor 56. Resulting flue gas, flow R, is guided to a flue gas purification installation 58, while energy from the gas engine 56 is used to generate electricity E and heat W.

15 The present invention is not limited to the foregoing description; the rights sought are defined by the following claims.

CLAIMS

1. System for generating energy from biomass, comprising the steps of:

- incinerating and/or gasifying the biomass in an incineration and/or gasification reactor.

5 2. System as claimed in claim 1, further comprising an electricity generator coupled to the incineration and/or gasification reactor.

3. System as claimed in claims 1 or 2, wherein the reactor is a Torbed reactor.

10 4. System as claimed in any of the foregoing claims, wherein the biomass is animal manure.

5. System as claimed in claim 4, wherein the animal manure is chicken manure.

15 6. System as claimed in any of the foregoing claims, further comprising a manure drying installation.

7. System as claimed in any of the foregoing claims, further comprising a heating gas purification installation for purifying heating gas from the gasification reactor.

20 8. System as claimed in claim 7, further comprising a gas engine coupled to the gas purification installation.

9. System as claimed in claim 7 or 8, further comprising a flue gas purification installation for
25 purifying the flue gas from the gas engine.

10. System as claimed in any of the foregoing claims, further comprising a cyclone for capturing fly ash from the incinerated/gasified biomass.

11. System as claimed in any of the foregoing
30 claims, further comprising one or more heat exchangers.

12. System as claimed in any of the foregoing claims, further comprising a poultry farm.

13. System as claimed in any of the foregoing

claims, further comprising a glasshouse market garden.

14. Process for generating energy from biomass using a system as claimed in one or more of the foregoing claims, comprising the steps of incinerating and/or
5 gasifying biomass in an incineration and/or gasification reactor.

15. Process as claimed in claim 14, further comprising the step of converting resulting heat into electricity.

10 16. Process as claimed in claim 14 or 15, wherein heat coming from the incinerated and/or gasified biomass is used to dry wet biomass prior to it being incinerated and/or gasified, preferably in a Torbed reactor.

15 17. Process as claimed in any of the foregoing claims, wherein chicken manure is dried, subsequently incinerated and/or gasified in a Torbed reactor in order to provide heat, which heat is converted into electricity, which electricity and/or heat is used at a
20 glasshouse market garden and/or other heat-demanding location.

18. Use of a Torbed reactor for incinerating and/or gasifying biomass, in particular animal manure, more in particular chicken manure.

25

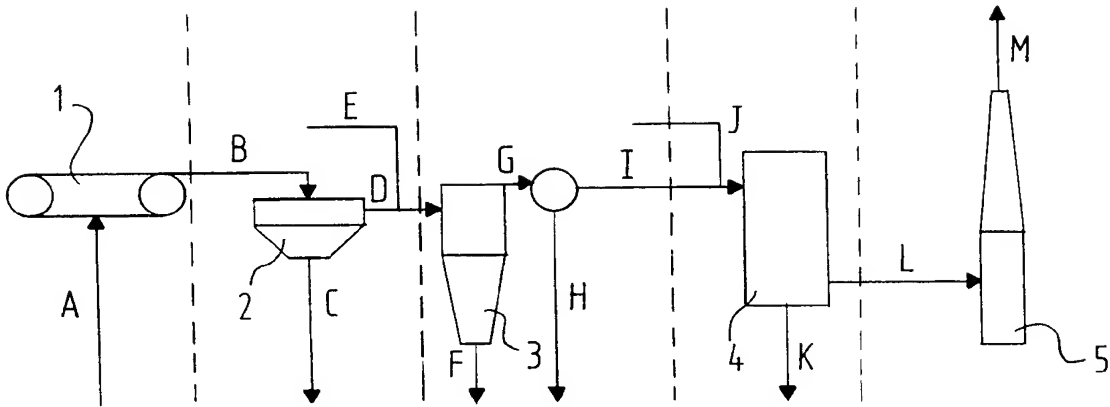


FIG. 1

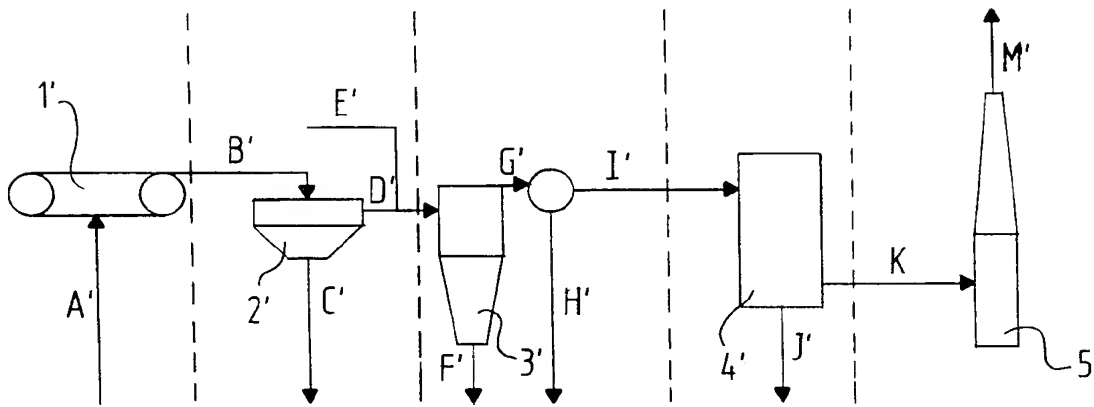
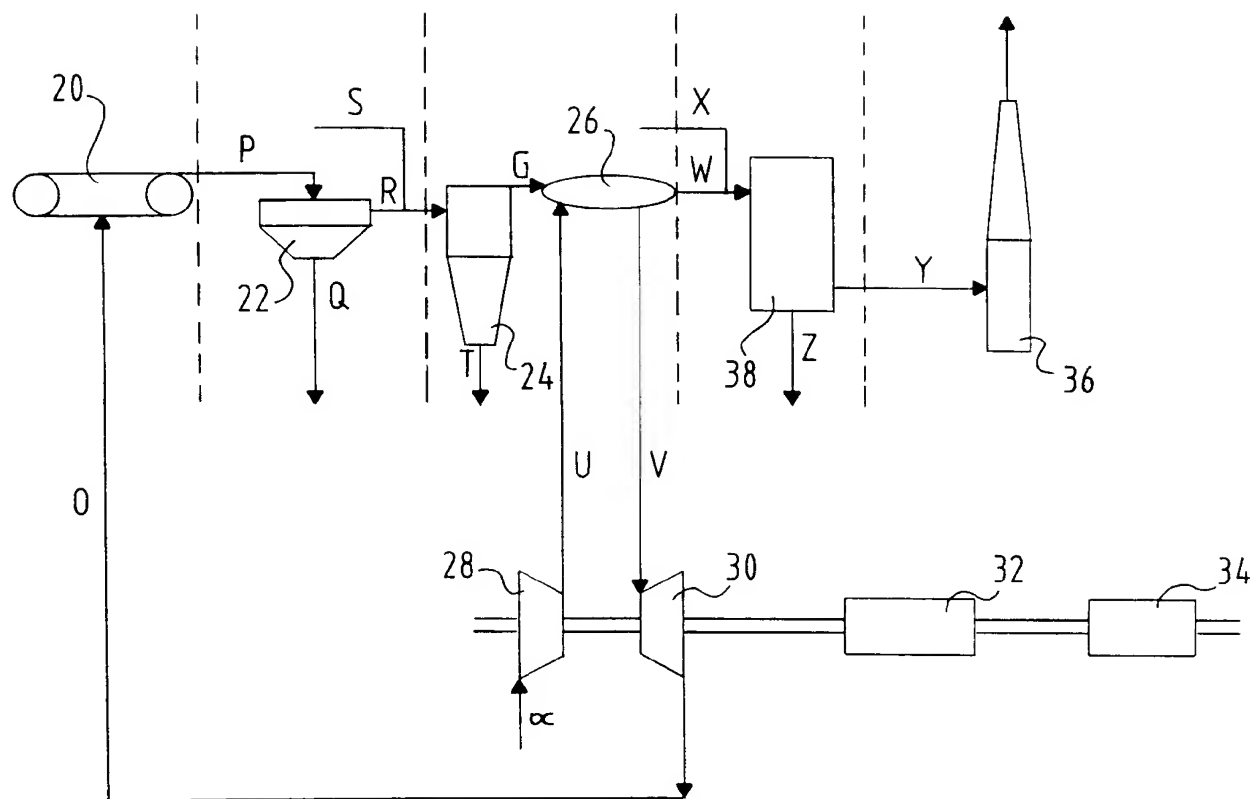
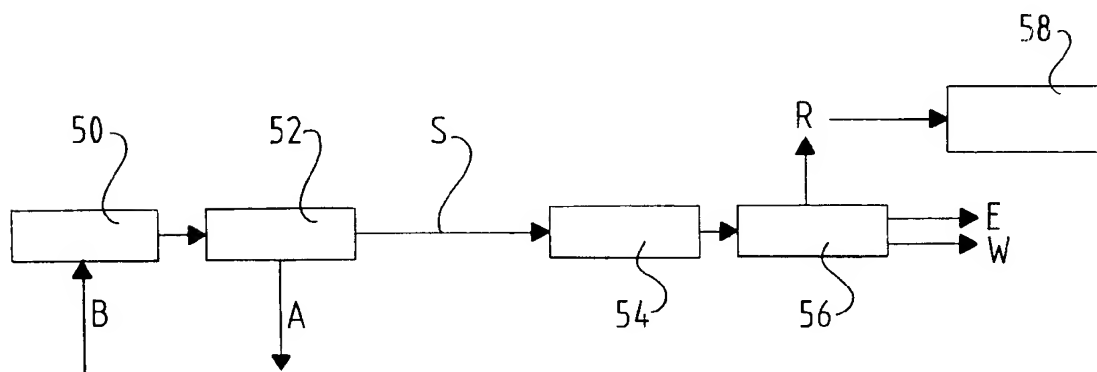


FIG. 2

FIG. 3FIG. 4



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
30.06.2004 Patentblatt 2004/27

(21) Anmeldenummer: 03028042.4

(22) Anmeldetag: 08.12.2003

(51) Int Cl.: **F23G 5/00**, F23G 5/02,
F23G 5/027, F23G 5/033,
F23G 5/05, F23G 5/12,
F23G 5/24

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR
 Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK

(30) Priorität: 23.12.2002 DE 10261537

(71) Anmelder: **UBB Magdeburg Klipper & Dr.
Stegmann GbR
39104 Magdeburg (DE)**

(72) Erfinder:

- **Kipper, Bernd-Rüdiger**
39167 Irxleben (DE)
- **Stegmann, Ulrich, Dr.**
39128 Magdeburg (DE)
- **Zingelmann, Jochen**
53639 Königswinter (DE)
- **Eberhardt, Claus**
71287 Weissach-Flacht (DE)

(74) Vertreter: **Kagelmann, Manfred, Dipl.-Ing.**
Olvenstedter Chaussee 122
39130 Magdeburg (DE)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Aufbereitung und Verwertung von festen und flüssigen Abfallgemischen**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine komplexe Vorrichtung, bestehend aus mehreren speziellen Vorrichtungen zur Aufbereitung und zur Verwertung von festen und/oder von flüssigen Abfallstoffen und/oder deren Gemische, insbesondere zur energetischen Verwertung deren organischer Stoffbestandteile.

In einem ersten Verfahrensabschnitt werden zunächst die visuell und manuell erfassbaren Bestandteile nach Werkstoffgruppen selektiert.

In einem zweiten Verfahrensabschnitt wird nicht aussortiertes Material vorzerkleinert und weitgehendst von metallischen Bestandteilen getrennt. Die Feinfraktion gelangt sodann in eine Floatation.

In einem dritten Verfahrensabschnitt wird das so aus Abfällen aufbereitete Material in Form von Briketts in ein motorisch nutzbares teerfreies Gas umgesetzt, das sowohl für den Betrieb von Blockheizkraftwerken und /oder auch für Brennstoffzellen geeignet ist.

In einem vierten Verfahrensabschnitt kann das so erzeugte Gas durch direkte Verbrennung zur Wärme-erzeugung und/oder zur Stromerzeugung genutzt werden.

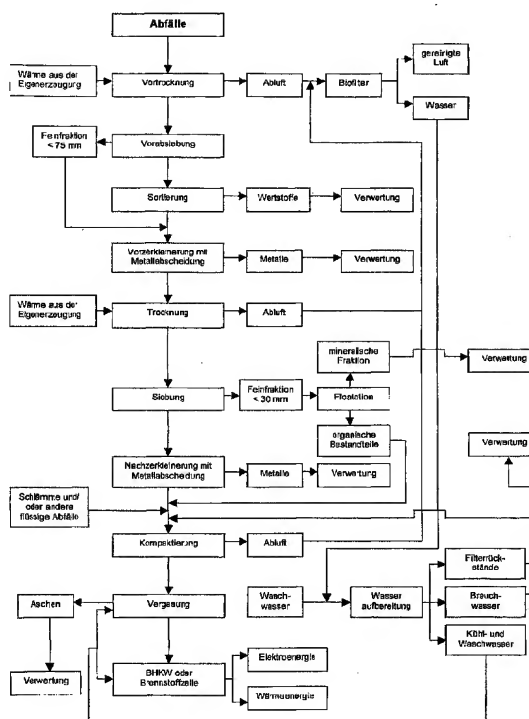


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine komplexe Vorrichtung, bestehend aus mehreren speziellen Vorrichtungen zur Aufbereitung und zur Verwertung von festen und/oder von flüssigen Abfallstoffen und/oder deren Gemische, insbesondere zur hochwertigen energetischen Verwertung deren organischer Stoffbestandteile.

[0002] Bekannt ist ein Verfahren zur stofflichen und energetischen Verwertung von Rest und Abfallstoffen, wobei zunächst ein Brennstoffballen aus Abfallstoffen industriellen Aufkommens hergestellt wird, der dann nach dem ARLIS-Verfahren, das ist eine aus der Noell-Technologie abgeleitete Flugstromvergasung, vergast wird, wobei das so erzeugte Gas unter Einsatz von Primärenergie entschwefelt werden muss. Die verbleibende Asche ist ein Schmelzgranulat. Das so erhaltene gereinigte und entschwefelte Brenngas wird sodann in einem Heizkraftwerk zur Energieerzeugung verbrannt (DE 198 53 713 C2). Dieses Verfahren eignet sich ausschließlich für Abfallstoffe aus industriellem Aufkommen und ist auch kein Abfallverwertungsverfahren sondern ein Abfallbeseitigungsverfahren.

[0003] Ein anders Verfahren und eine andere Einrichtung zur thermischen Abfallverwertung und Abfallentsorgung fester, flüssiger und pumpfähiger inhomogener brennbarer Abfallgemische und thermischer Reinigung kontaminierter Materialien in einer Wirbelschichtfeuerung ist eine klassische Wirbelschicht-MVA-Anlage primär zur Beseitigung von festen und flüssigen Schadstoffen mittels Wirbelschichtverbrennung (DE 198 59 052 A1). Nachteilig ist daran, ebenso wie am MBA-Verfahren, die äußerst geringe Verwertungsquote von 0,3 Tonnen pro Tonne Abfall weiter zu behandelnder oder deponiepflichtiger Restmenge. Die Aschen sind in der Regel eluierbar und dotieren Schwermetalle in die Hydrosphäre. Dies Technologie verursacht insgesamt sehr hohe und bei einer Vielzahl von Inputmaterialien darüber hinaus auch noch unkontrollierte Emissionen.

[0004] Bekannt ist weiterhin ein Verfahren zur mechanisch biologischen Abfallbehandlung fester sperriger und hausmüllähnlicher Siedlungsabfälle mit energetischer und stofflicher Kopplung der biologischen und physikalischen Prozesse (DE 101 25 408 A1) Dabei handelt es sich um ein klassisches MBA-Verfahren, dessen Produkt ein Biogas ist, welches mit bekannter Bioheizkraftwerkstechnik energetisch umgesetzt wird und bei welchem ein Abgas entsteht.

[0005] Sortierreste werden in teils bekannter Weise einer anderen Verwertung oder einer Deponie zugeführt und auch nicht verrottbare Fraktionen sind einer weiteren Nachbehandlung zuzuführen.

[0006] Die nachzubehandelnde bzw. zu deponierende Restmenge ist mit etwa 0,4 Tonnen pro Tonne Abfall relativ hoch. Es sind 40% der Eingangsmengen nicht deponiefähig und müssen mittels anderer Verfahren aufwändig weiter behandelt werden. Das Deponiegut

aus diesem Verfahren wird bei Wasserkontakt wieder biologisch aktiv und bildet so das unerwünschte Deponiegasgemisch aus Methan und anderen klimaschädlichen Gasen.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Aufbereitung von festen und flüssigen Abfallgemischen und zur Verwertung derselben sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zuschaffen, womit eine sehr hohe stoffliche Verwertungsquote mit nahezu keinen deponiepflichtigen Restmengen realisierbar ist und mittels derer das Prinzip der vollständigen Abfallvermeidung fast vollständig umsetzbar ist.

[0008] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe wie mit den Ansprüchen angegeben gelöst. Das erfindungsgemäße Verfahren zur nahezu vollständigen Verwertung fester Abfälle mit integrierter Variante zur Verwertung und/oder

Beseitigung flüssiger Abfälle besteht aus vier modularen Verfahrensabschnitten, welche kapazitätsabhängig modular und/oder auch an unterschiedlichen Standorten realisierbar sind.

[0009] In einem ersten Verfahrensabschnitt werden zunächst die visuell und manuell erfassbaren Bestandteile nach Werkstoffgruppen, wie Metall, Glas, Kunststoff, Papier, Pappe, Karton und/oder Verbundwerkstoffe aus Gemischen dieser und anderer Werkstoffe selektiert.

Dazu wird der zu behandelnde Stoffstrom von einer Aufgabeeinheit an eine Trockentrommel übergeben. Diese Trockentrommel ist als Drehrohr mit verfahrensspezifischer Innengestaltung zum Transport des Abfallmaterials in Längsrichtung desselben gestaltet. Im Gegenstrom zum Materialfluss wird in die Trockentrommel Warmluft eingeblasen, welche dem Material Wasser und Feuchtigkeit entzieht. Die mit Wasserdampf und anderen leichtflüchtigen Stoffen beladene Abluft wird einem Biofilter (als Nebenanlage) zugeleitet und dort gereinigt. Das getrocknete Material gelangt sodann über eine Rutsche in ein anschließendes Trommelsieb. Dieses ist als eine definiert perforierte drehbare innere Trommel, angeordnet in einer festen äußeren geschlossenen Trommel, in welche die ausgesiebte Feinfraktion hineinfällt und in Trommellängsrichtung aus dieser ausgetragen wird. Die getrocknete und damit auch weitgehend desodorierte, von Kleinteilen und mineralischem Schmutz, wie Erde und Sand, befreite Grobfraktion wird sodann auf ein Sortierband überführt, wobei die Sortierung manuell und/oder mittels automatischer Systeme erfolgt. Die so im ersten Verfahrensschritt aufbereiteten verschiedenen Werkstoffgruppen werden in getrennten flurgleichen Sammelsystemen erfasst und entweder als Schüttgut oder in gepresster Form traditionellen Verwertungen zugeführt.

[0010] In einem zweiten Verfahrensabschnitt wird nicht aussortiertes Material vorzerkleinert und weitgehendst von metallischen Bestandteilen getrennt. Eisenmetalle und Nichteisenmetalle werden getrennt voneinander aus dem weiteren Verfahrensablauf ausge-

schleust und der üblichen Verwertung zugeführt. Sodann werden dem Material in einem weiteren Trockner Restfeuchte entzogen, wozu das Abgas aus dem 4. Verfahrensabschnitt verwendet wird, und die Abluft über einem im ersten Verfahrensabschnitt genannten Biofilter geleitet.

[0011] Das getrocknete Material wird dann wiederum einer Siebtrommel zugeführt, welche in dieser zweiten Siebstufe eine gegenüber der ersten Siebstufe auf etwa 50% reduzierte Maschenweite aufweist. Die Feinfraktion gelangt sodann in eine Floatation.

Diese Floatation besteht aus einer Wanne mit schrägem Boden. Im Boden derselben befinden sich Druckluftdüsen mit definierter Sprühcharakteristik zur Verwirbelung des zu floatierenden Materials. Über dem Boden steht das Floatationsgemisch bis zur Oberkante einer gegenüber dem Materialeintrag befindlichen Auffangrinne. An dieser Stelle der Wanne, an welcher der Boden am höchsten ist, erfolgt auch der Materialeintrag. Infolge der Bodenschräge, von eingedüster Druckluft und von am Aufgabeeende zugeführten Floatationswasser bildet sich ein Materialfluss zum unteren Ende des Bodens. Hier sammelt sich in einer Rinne sandig-kiesiges Material, das heraus befördert wird und als Baustoff Verwendung finden kann. Das ausfloatierte organische Material sammelt sich in der Auffangrinne, von wo es ausgetragen und zur Kompaktierung und Homogenisierung einer Brikettierung zugeführt wird. Das überlaufende Floatationswasser und das Abtropfwasser aus der Materialförderung gelangen in einen zentralen Wasserkreislauf mit Wasseraufbereitung (als Nebenanlage). Das verbleibende vorzerkleinerte und von der mineralischen Fraktion befreite Materialgemisch wird nun in einer weiteren Zerkleinerungsstufe weiter nachzerkleinert und es werden weitere metallische Bestandteile abgeschieden, in dessen Ergebnis ein verfahrensspezifisch definiert zerkleinertes Material entsteht, das für die weiteren Verfahrensschritte erforderlich und besonders geeignet ist und das fast ausschließlich aus organischen Stoffen besteht.

[0012] Dieses Material wird nun gemeinsam mit dem aus der Floatation kommenden der Kompaktier- und Homogenisiereinheit zum Zwecke der Brikettierung zugeführt, wobei über eine Bandwaage die Durchlaufmenge und der Feuchtegehalt des Materials gemessen wird. Durch Zudosierung von wasserhaltigen Materialien, wie Klärschlamm und/oder anderen Schlämmen, welche über einen Prozessrechner gesteuert wird, erfolgt die Einstellung des Materials auf die verfahrensspezifisch erforderliche Feuchte.

Bei der Brikettierung erwärmt sich das Material (Kompaktiergut) auf etwa 150°C. Damit wird das Material hygienisiert, homogenisiert und in sich verfestigt. Die Briketts sind witterungsgeschützt sehr lange lagerfähig.

[0013] In einem dritten Verfahrensabschnitt wird das so aus Abfällen aufbereitete Material in Form von Briketts in ein motorisch nutzbares teerfreies Gas umgesetzt, das sowohl für den Betrieb von Blockheizkraftwer-

ken und /oder auch für Brennstoffzellen zum Beispiel in MCFC's geeignet ist. Als Vergasungsreaktor ist ein Festbetschachtvergaser geeignet, bei dem die Vergasung nach einem Mehrzonenverfahren mit einer Kombination aus absteigender und aufsteigender Vergasung und/oder aus zwei absteigenden Vergasungen mit geringem Unterdruck von ca. 100 bis 300 mm WS erfolgt. Mittels einer Zellradschleuse gelangen die Briketts in den Reaktor. Über Öffnungen im oberen Reaktorbereich und Rohrleitungen mit Verteilereinrichtungen an deren unteren Ende, die weit bis ins Reaktorinnere und in das Zentrum der Vergasungszone führen, wird der erforderliche Prozesssauerstoff zugeführt, der verfahrensspezifisch ein Gemisch aus Luft und/oder Sauerstoff und/oder Wasserdampf ist. Der Wasserdampf wird im inneren Mantel um den Reaktorkern erzeugt, indem in den Mantel von außen Wasser eingeleitet wird, dass bei etwa 500°C spontan zu überhitztem Dampf verdampft, der dann über Rohre direkt in den unteren Teil der Vergasungszone gelangt, wodurch eine weitgehend gleichmäßige Temperaturverteilung in der Vergasungszone erreicht wird. Über mehrere Luftdüsen im unteren Bereich des Vergaserkerns wird hier Luft eingeleitet, um auch den unteren Teil des Koksбетtes durch Oxydation und/oder Vergasung abzusmelzen. Der Boden des Vergasers ist kegelförmig ausgebildet, wobei die Kegelspitze nach oben gerichtet ist und das untere Ende durch ein bewegliches Rost für den Ascheaustrag abgeschlossen ist. Das Reaktorgas wird über ein Rohr unterhalb des Reaktorkerns seitlich aus dem Reaktor hinaus abgeleitet, nachdem es das Koksбетt passiert hat. Das Gas wird sodann schnell gekühlt, intensiv gewaschen und getrocknet, womit es den Anforderungen der Gasverwertung entspricht. Die Abwärme aus der Gaskühlung wird über Wärmetauscher zur Erzeugung von Wärmeenergie genutzt. Das Kühl-, Trocknungs-, Floatations- und Waschwasser aus dem Prozess wird aufbereitet und wiederverwendet, wobei die ausgewaschenen Schmutzstoffe abgetrennt und dem Vergasungsgut vor der Brikettierung wieder zugesetzt werden. Die Steuerung von Luft- und Dampfmenngen sowie des Inputs erfolgt mittels Messfühlern, die im Vergaser an definierten Stellen angeordnet sind und verschiedene Parameter, wie Druck, Temperatur, Massenströme, Füllstände und chemische Zusammensetzung des erzeugten Gases messen.

[0014] In einem vierten Verfahrensabschnitt kann das so erzeugte Gas durch direkte Verbrennung zur Wärmeerzeugung genutzt werden und/oder durch Betrieb eines Gasmotors mit Generator zur Elektroenergieerzeugung und Abwärmenutzung aus der Gasaufbereitung, der Motorkühlung und dem Motorabgas und/oder zur Elektroenergieerzeugung durch Oxidation der oxidierbaren Bestandteile des Gases in einem katalytischen Prozess mittels Brennstoffzelle, wie zum Beispiel MCFC und der Abwärmenutzung aus der Abluft der Brennstoffzelle über Wärmetauscher.

[0015] Zur Durchführung und zur Optimierung des

Verfahrens wird das dafür erforderliche Wasch- und Floatationswasser sowie das entstehende Trocknungswasser im Kreislauf geführt und mittels einer Wasseraufbereitungsanlage zur Wiederverwendung aufbereitet.

[0016] Die Wasseraufbereitungsanlage weist mehrere unterschiedliche Kammern auf, wie zunächst eine Einlaufkammer mit Messstation für die Erfassung von verfahrensspezifischen Parametern und eine dieser nachgeordnete Absetzkammer für sedimentierende Stoffe und einem weiter nachgeordnetem Leichtstoffabscheider mit einem Einlauf über einen oberen Rohrstutzen, an welchem ein Koaleszenzabscheider befindlich ist, wobei dieser aus einem Rohr mit darin befindlichem Drahtgestrick besteht, an dessen relativ großer Oberfläche sich die im Abwasser enthaltenen kleinen dispergierten Leichtstofftröpfchen ansetzen und sich zu größeren Tropfen vereinigen, die sich dann infolge ihres Auftriebes abtrennen und aufsteigen und mittels Reihenschaltung solcher Leichtstoffabscheider sich die Konzentration von Leichtstoffen auf weniger als 5,0 mg/l reduzieren lässt und einer Misch- und Dosierkammer mit Rührwerk zur Fällung von Schwebstoffen und gelösten Stoffen mittels Fällungs- und Flockungsmitteln.

[0017] Darüber hinaus wird auch die Abluft mittels Biofilter von Staub sowie von flüchtigen organischen und anorganischen Stoffen gereinigt, indem der Staub mechanisch oder elektrostatisch gefiltert wird und organische und anorganische Stoffe biologisch mittels Mikroben verstoffwechselt werden, wobei die Mikroben in einer Dispersion auf ein strukturbildendes Trägermaterial wie Getreidestroh oder getrocknetes Heidekraut aufgebracht werden und bei einem Feuchtigkeitsmangel im Biofilter mittels Sprühdüsen Wasser und/oder Nährstofflösungen in den Biofilter eingebracht werden.

[0018] Die Vorzüge des erfindungsgemäßen Verfahrens und dessen Realisierung mittels der erfindungsgemäßen Vorrichtung bestehen nicht nur in der sehr hohen, nahezu vollständigen Abfallverwertung und geringen Emissionen, sondern vielmehr auch in der sicheren Zerstörung von Ultratoxinen und anderen halogenierten Organika, was sonst nur sehr aufwändig mittels einer Hochtemperaturverbrennungsanlage möglich ist.

[0019] Durch die Verwertung von Abwärme aus dem Vergasungsprozess und/oder dem Energieerzeugungsprozess für die Trocknungsprozessstufe ist auch keine Primärenergie zur Durchführung des Verfahrens erforderlich.

Die Modulbauweise der Vorrichtungen zur Durchführung des Verfahrens erlaubt auch die Installation derselben an verschiedenen territorial getrennten Standorten.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist auch schon mit einer relativ geringen Inputmenge von ca. 40 000 t/a ökonomisch betreibbar.

[0020] Nachstehend wird die Erfindung an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert.

[0021] In den zugehörigen Zeichnungen sind mit

Fig.1 ein Blockschaltbild des Verfahrens und mit
Fig.2 ein Vergasungsreaktor im Querschnitt und mit
Fig.3 eine Floatationsanlage im Querschnitt und mit
Fig.4 die Floatationsanlage in der Draufsicht und mit
Fig.5 eine Wasseraufbereitungsanlage in der Draufsicht und mit
Fig.6 eine Trennwand der Wasseraufbereitungsanlage mit Überlauföffnungen und mit
Fig.7 die Ausgestaltung der Überläufe mit Drahtgestrick und mit
Fig.8 eine andere Variante der Überläufe und mit
Fig.9 eine weitere Variante der Überlaufgestaltung schematisch dargestellt.

[0022] Die Vorrichtungen zur Durchführung des Verfahrens bestehen im wesentlichen aus den modularen Hauptbaugruppen Aufgabevorrichtung, Vorrichtung zur Vortrocknung, Vorrichtung zur Vorabsiebung, Vorrichtung für die Metallabscheidung, Sortiervorrichtung, Sammelssystem-Lagerbehälter, Vorzerkleinerer mit Vorrichtung zur Metallabscheidung, Trocknungsvorrichtung, Siebvorrichtung, Nachzerkleinerer mit Vorrichtung zur Metallabscheidung, Floatationsvorrichtung, Brikettier Vorrichtung, Biofilter, Vorrichtung zur Wasseraufbereitung, Fördereinrichtungen, Vergasungsreaktor, Brennkraftmaschine mit Elektrogenerator, Brenner zur direkten Wärmezeugung oder Brennstoffzelle für Gasoxidation.

Über die Aufgabeeinheit wird der zu behandelnde Stoffstrom in die Vorrichtung zur Vortrocknung transportiert.

Diese Vorrichtung ist als Drehrohr mit verfahrensspezifischer Innengestaltung zum Transport des Abfallmaterials in Längsrichtung desselben gestaltet. Sie ist mit einem Warmluftein- und auslass versehen. Die mit Wasserdampf und anderen leichtflüchtigen Stoffen beladene Abluft wird dem Biofilter (als Nebenanlage) zugeleitet und dort gereinigt. Dieser Biofilter enthält mechanische und elektrostatische Filterelemente sowie Mikrobenkulturen und Sprühdüsen für Wasser und/oder Nährstofflösungen zum Eintrag in den Biofilter.

Die Vorrichtung zur Vortrocknung ist über eine Rutsche mit einer anschließenden Vorrichtung zur Vorabsiebung gekoppelt. Diese ist als eine definiert perforierte drehbare innere Trommel, angeordnet in einer festen äußeren geschlossenen Trommel, ausgebildet.

[0023] Daran anschließend ist eine Sortiervorrichtung mit Sortierband sowie mehreren flurgleichen Lagerbehältern eines Sammelsystems angeordnet.

[0024] In der Sortiervorrichtung werden mittels Förderband zunächst die visuell und manuell erfassbaren Bestandteile nach Werkstoffgruppen, wie Metall, Glas, Kunststoff, Papier, Pappe, Karton und/oder Verbundwerkstoffe aus Gemischen dieser und anderer Werkstoffe selektiert.

[0025] Dieser schließt sich die Vorrichtung zur Vorzerkleinerung nicht aussortierten Materials und eine Vorrichtung zur Aussonderung von metallischen Bestand-

teilen an. Sodann schließt sich eine zweite Trocknungsvorrichtung mit Biofilter an, die wie die erste Trocknungsstufe gestaltet ist. Über eine Rutsche wird das getrocknete Material der zweiten Siebvorrichtung zugeführt, die wie die erste Siebstufe ausgebildet ist, dessen Sieb aber gegenüber der ersten Siebstufe, eine etwa auf 50% reduzierte Maschenweite aufweist. Die Siebvorrichtung ist über je ein Transportband für die Feinfraktion bzw. das Siebgut einerseits mit der Floatationsanlage und andererseits mit der Kompaktiervorrichtung gekoppelt.

[0026] Die Floatationsvorrichtung besteht aus einer Floatationswanne 26 mit schrägem Boden 28. Im Boden 28 derselben befinden sich Druckluftdüsen 27 mit definierter Sprühcharakteristik zur Verwirbelung des zu floatierenden Materials. Gegenüber der Materialaufgabe 24 befindet sich die Sammelrinne 30 sowie die Förderschnecken 29 und 32 für den Bodensatz.

An die Sammelrinne 30 schließt sich über eine Bandwaage und einen Feuchtesensor die Kompaktier- und Homogenisiereinheit zur Brikettierung an. Bandwaage und Feuchtesensor sind über einen Prozessrechner mit einer Dosiervorrichtung für die Zudosierung von Flüssigkeiten und/oder Schlämmen gekoppelt.

[0027] Der Brikettiervorrichtung schließt sich über eine Fördereinrichtung der Vergasungsreaktor an, welcher ein Festbetschachtvergaser ist. Dieser weist eine Zellradschleuse 2 für die Briketts auf. Im oberen Reaktorbereich sind Rohrleitungen 5, 22, 23 und Rohrleitungen mit Verteilereinrichtungen für Luft und Wasserdampf befindlich, die weit bis ins Reaktorinnere führen. Der Reaktorkern ist mit Keramik 11 ausgemauert und so ummantelt, dass sich ein wasserdichter Ringspalt 6 ausbildet und welcher mit dem Wassereinlass 9 verbunden ist.

[0028] Im unteren Bereich des Vergaserkerns befinden sich mehrere Lufteinlässe 10, 17. Der Boden 12 des Vergasungsreaktors ist kegelförmig ausgebildet, wobei die Kegelspitze nach oben gerichtet ist und das untere Ende durch ein bewegliches Rost 13 für den Ascheaustrag mittels der Schleuse 15 abgeschlossen ist. Das Reaktorgas wird über ein Rohr 8 unterhalb des Reaktorkerns seitlich aus dem Reaktor heraus in die Gaskühlung, -wäsche- und -trocknung abgeleitet. Diese sind über ein Rohrsystem für das Kühl- und Waschwasser mit der Wasseraufbereitungsanlage verbunden. Zur Steuerung von Luft- und Dampfmengen sowie des Inputs 1 sind Messfühler 3, 7, 14, 18, 20, 21 für verschiedene Parameter, wie Druck, Temperatur, Massenströme, Füllstände und chemische Zusammensetzung des erzeugten Gases im Vergasungsreaktor angeordnet.

[0029] In dem ersten Verfahrensabschnitt werden zunächst die visuell und manuell erfassbaren Bestandteile nach Werkstoffgruppen, wie Metall, Glas, Kunststoff, Papier, Pappe, Karton und/oder Verbundwerkstoffe aus Gemischen dieser und anderer Werkstoffe in an sich bekannter Weise selektiert. Dazu wird der zu behandelnde Stoffstrom von Abfällen über eine Aufgabevorrichtung

in eine Vorrichtung zur Vortrocknung eingetragen.

Diese Vorrichtung ist als Drehrohr mit verfahrensspezifischer Innengestaltung zum Transport des Abfallmaterials in Längsrichtung desselben gestaltet. Im Gegenstrom zum Materialfluss wird in die Trockentrommel Warmluft eingeblasen, welche dem Material Wasser, Feuchtigkeit und andere flüchtige Stoffe entzieht. Die mit Wasserdampf und anderen leichtflüchtigen Stoffen beladene Abluft wird einem Biofilter (als Nebenanlage) zugeleitet und dort gereinigt. Das getrocknete Material gelangt sodann über eine Rutsche in eine anschließende Vorrichtung zur Vorabsiebung. Diese ist als eine definiert perforierte drehbare innere Trommel, angeordnet in einem festen äußeren geschlossenen Gehäuse, in welche die ausgesiebte Feinfraktion hineinfällt und in Trommellängsrichtung aus diesem ausgetragen wird. Die getrocknete und damit auch weitgehend desodorierte, von Kleinteilen und mineralischem Schmutz, wie Erde und Sand, befreite Grobfraktion wird sodann auf ein Sortierband überführt, wobei vorab über eine Vorrichtung zur Metallabscheidung Eisen und Nichteisenmetalle abgetrennt werden und die Sortierung manuell erfolgt.

[0030] Die so im ersten Verfahrensschritt aufbereiteten verschiedenen Werkstoffgruppen werden in getrennten flurgleichen Sammelsystemen erfasst und entweder als Schüttgut oder in gepresster Form traditionellen Verwertungen zugeführt.

[0031] In dem zweiten Verfahrensabschnitt wird nicht aussortiertes Material auf eine Korngröße von etwa 150 mm bis 250 mm vorzerkleinert und weitgehendst von metallischen Bestandteilen getrennt.

Eisenmetalle und Nichteisenmetalle werden getrennt voneinander aus dem weiteren Verfahrensablauf ausgeschleust und der üblichen Verwertung zugeführt. Sodann werden dem Material in einer weiteren Trocknungsvorrichtung Restfeuchte entzogen, wozu das Abgas aus dem 4. Verfahrensabschnitt verwendet wird, und die Abluft über einem im ersten Verfahrensabschnitt genannten Biofilter geleitet wird.

[0032] Das getrocknete Material wird dann wiederum einer weiteren Siebvorrichtung zugeführt, welche in dieser zweiten Siebstufe eine gegenüber der ersten Siebstufe eine etwa auf 50% reduzierte Maschenweite aufweist. Anschließend erfolgt über eine weitere Vorrichtung zur Metallabscheidung die Abtrennung von verbliebenen Eisen- und Nichteisenmetallen.

[0033] Die Feinfraktion gelangt sodann in eine Floatationsvorrichtung. An der Stelle der Floatationswanne 26, an welcher deren abgeschrägter Boden 28 am höchsten ist, erfolgt der Materialeintrag. Infolge der Bodenschräge 28, von eingedüster Druckluft am Drucklufteinlass 25 und von am Aufgabendende zugeführtem Floatationswassergemisch 31 bildet sich ein Materialfluss zum unteren Ende des Bodens 28. Hier sammelt sich in einer Rinne sandig-kiesiges Material, das mittels Fördererschnecke 29 heraus befördert wird und als Baustoff Verwendung finden kann. Das ausfloatierte organische Ma-

terial sammelt sich in der Sammelrinne 30, von wo es ausgetragen und der Brikettiereinrichtung zur Kompaktierung und Homogenisierung zugeführt wird. Das überlaufende Floatationswasser und das Abtropfwasser aus der Materialförderung gelangen in einen zentralen Wasserkreislauf mit Wasseraufbereitung (als Nebenanlage). Das verbleibende vorzerkleinerte und von der mineralischen Fraktion befreite Materialgemisch wird nun in einer weiteren Zerkleinerungsstufe weiter nachzerkleinert und es werden weiter metallische Bestandteile abgeschieden, in dessen Ergebnis ein verfahrensspezifisch definiert zerkleinertes Material entsteht, das für die weiteren Verfahrensschritte erforderlich und besonders geeignet ist und das fast ausschließlich aus organischen Stoffen besteht.

[0034] Dieses Material wird nun gemeinsam mit dem organischen Material aus der Floatationsvorrichtung der Kompaktier- und Homogenisiereinrichtung zum Zwecke der Brikettierung zugeführt, wobei über eine Bandwaage die Durchlaufmenge und über einen Feuchtesensor der Feuchtegehalt des Materials gemessen werden. Durch Zudosierung von wasserhaltigen Materialien, wie Klärschlamm und/oder anderen Schlämmen welche über einen Prozessrechner gesteuert wird, erfolgt die Einstellung des Materials auf die verfahrensspezifisch erforderliche Feuchte.

Bei der Brikettierung erwärmt sich das Material (Kompaktiergut) auf etwa 150°C.

[0035] Damit wird das Material hygienisiert, homogenisiert und in sich verfestigt.

[0036] Im dritten Verfahrensabschnitt wird das so aus Abfällen aufbereitete Material in Form von Briketts in ein motorisch nutzbares teerfreies Gas umgesetzt, das sowohl für den Betrieb von Blockheizkraftwerken und/oder auch für Brennstoffzellen wie z. B. MCFC's geeignet ist. Als Vergasungsreaktor ist ein Festbetschachtvergaser geeignet, bei dem die Vergasung nach einem Mehrzonenverfahren mit einer Kombination aus absteigender und aufsteigender Vergasung und/oder aus zwei absteigenden Vergasungen mit geringem Unterdruck von ca. 100 bis 300 mm WS erfolgt. Mittels der Zellradschleuse 2 gelangen die Briketts in den Reaktor. Über Luft- und Dampföffnungen 5, 22, 23 im oberen Reaktorbereich und Rohrleitungen mit Verteilereinrichtungen an deren unteren Ende, die bis ins Reaktorinnere und damit in das Zentrum der Vergasungszone führen, wird der erforderliche Prozesssauerstoff zugeführt, der verfahrensspezifisch ein Gemisch aus Luft und/oder Sauerstoff und/oder Wasserdampf ist. Der Wasserdampf wird im Ringspalt 6 des inneren Mantels um den Reaktorkern herum erzeugt, indem in den Ringspalt 6 von außen durch die Wassereinlässe 9, 19 Wasser eingeleitet wird, dass bei etwa 500° C spontan zu überhitztem Dampf verdampft, der dann direkt in den unteren Teil der Vergasungszone gelangt, wodurch eine weitgehend gleichmäßige Temperaturverteilung in der gesamten Vergasungszone erreicht wird. Über mehrere Lufteinlässe 10, 17 im unteren Bereich des Vergasungsreaktorkerns

wird hier Luft eingeleitet, um auch den unteren Teil des Koksbedtes durch Oxydation und/oder Vergasung abzuschmelzen. Der Boden 12 des Vergasungsreaktors ist kegelförmig ausgebildet, wobei die Kegelspitze noch oben gerichtet ist und das untere Ende durch ein bewegliches Rost 13 für den Ascheaustrag 16 durch die Schleuse 15 abgeschlossen ist. Das Reaktorgas wird über ein Rohr 8 unterhalb des Reaktorkern seitlich aus dem Reaktor hinaus abgeleitet, nachdem es das Koksbedt passiert hat. Das Gas wird sodann schnell gekühlt, intensiv gewaschen und getrocknet, womit es den Anforderungen der Gasverwertung entspricht. Das Kühl- und Waschwasser aus dem Prozess wird aufbereitet und wieder verwendet, wobei die ausgewaschenen Schmutzstoffe abgetrennt und dem Vergasungsgut vor der Brikettierung wieder zugesetzt werden. Die Steuerung von Luft- und Dampfmenngen sowie des Inputs 1 erfolgt mittels Messfühlern 3, 7, 14, 18, 20, 21, die im Vergasungsreaktor an definierten Stellen angeordnet sind und verschiedene Parameter, wie Druck, Temperatur, Massenströme, Füllstände und chemische Zusammensetzung des erzeugten Gases messen.

In dem vierten Verfahrensabschnitt kann das so erzeugte Gas durch direkte Verbrennung zur Wärmeenerzeugung genutzt werden und/oder durch Betrieb eines Gasmotors mit Generator zur Stromerzeugung und die Abwärmenutzung aus der Gasaufbereitung, der Motorkühlung und des Motorabgases über Wärmetauscher zur Erzeugung von Wärmeenergie und/oder zur Elektroenergieerzeugung durch Oxidation der oxidierbaren Bestandteile des Gases in einem katalytischen Prozess mittels Brennstoffzelle, wie z.B. MCFC und der Abwärmenutzung aus der Abluft der Brennstoffzelle über Wärmetauscher. Zur Optimierung des Verfahrens wird das dafür erforderliche Wasch-, Kühl und Floatationswasser sowie das entstehende Trocknungswasser im Kreislauf geführt und mittels einer Wasseraufbereitungsanlage zur Wiederverwendung aufbereitet.

Die Wasseraufbereitungsanlage bestehend aus dem Behälter 33 mit Zulauf 35 und Auslauf 34 weist mehrere unterschiedliche durch Trennwände 39 mit Überläufen 40, 43 abgeteilte Kammern A bis I auf, wie zunächst die Einlaufkammer A mit Messfühler 37, 38 für die Erfassung von verfahrensspezifischen Parametern und mehrere dieser nachgeordneten Absetzkammern für sedimentierende Stoffe und einem weiter nachgeordnetem Leichtstoffabscheider 41, 42 mit einem Einlauf über einen oberen Rohrstutzen, an welchem ein Koaleszenzabscheider befindlich ist, wobei dieser aus einem Rohr mit darin befindlichem Drahtgestrick besteht, an dessen relativ großer Oberfläche sich die im Abwasser enthaltenen kleinen dispergierten Leichtstofftröpfchen ansetzen und sich zu größeren Tropfen vereinigen, die sich dann infolge ihres Auftriebes abtrennen und aufsteigen und mittels Reihenschaltung dieser Leichtstoffabscheider die Konzentration der Leichtstoffe auf weniger als 5,0 mg/ l reduzieren. Eine der Kammern ist dabei als Misch- und Dosierkammer mit Rührwerk 36 zur Fällung

von Schwebstoffen und gelösten Stoffen mittels Fällungs- und Flockungsmitteln gestaltet. Die Abluft von den Trocknern und den Siebtrocknern wird mittels nachgeschaltetem Biofilter von Staub sowie von flüchtigen organischen und anorganischen Stoffen gereinigt, indem der Staub mittels der biologischen Strukturmechanisch heraus gefiltert wird und organische und anorganische Stoffe biologisch mittels Mikroben verstoffwechselt werden, wobei die Mikroben in einer Dispersion auf ein strukturbildendes Trägermaterial wie Getreidestroh oder getrocknetes Heidekraut aufgebracht werden und bei einem Feuchtigkeitsmangel im Biofilter mittels Sprühdüsen, Wasser und/oder Nährstofflösungen in den Biofilter eingebracht werden.

Aufstellung der verwendeten Bezugszeichen

[0037]

1	Input (Brikett)
2	Zellradschleuse
3	Messfühler
4	Vergasungsreaktor
5	Luft- und Dampfeinlassrohrleitungen
6	Ringspalt
7	Messfühler
8	Gas Auslassrohr
9	Wassereinlass
10	Lufteinlass
11	Keramik Ausmauerung
12	Boden
13	Rost
14	Messfühler
15	Schleuse
16	Ascheaustrag
17	Lufteinlass
18	Messfühler
19	Wassereinlass
20	Messfühler
21	Messfühler
22	Luft- und Dampfeinlassrohrleitung
23	Luft- und Dampfeinlassrohrleitung
24	Materialaufgabe
25	Druckluftenlass
26	Floatationswanne
27	Druckluftdüsen
28	Bodenschräge
29	Förderschnecke
30	Sammelrinne
31	Flotationswassergemisch
32	Förderschnecke
33	Behälter
34	Auslauf
35	Zulauf
36	Rührwerk
37	Messfühler
38	Messfühler
39	Trennwände

40	Überlauf
41	Leichtstoffabscheider
42	Leichtstoffabscheider
43	Überlauf
5	A bis I Kammern der Wasseraufbereitung

Patentansprüche

- 10 1. Verfahren zur Aufbereitung und zur Verwertung von festen und/oder von flüssigen Abfallstoffen und/oder deren Gemische, insbesondere zur hochwertigen energetischen Verwertung deren organischer Stoffbestandteile, wobei in einem
 - 15 ersten Verfahrensabschnitt aus einem Abfallstoffgemisch die visuell und manuell erfassbaren Bestandteile nach Werkstoffgruppen wie Metalle, Glas, Kunststoffe, Papier, Compounds, Verbundwerkstoffe und anderes aussortiert und von einander getrennt werden, indem der zu behandelnde Stoffstrom zunächst in einer ersten Trocknungsvorrichtung vorgetrocknet und die mit Wasserdampf und anderen leichtflüchtigen Stoffen beladene Abluft in einem Biofilter gereinigt wird und sodann das
 - 20 trockene, weitgehendst desodorierte Material in einer ersten Siebvorrichtung von mineralischen Schmutz, wie Sand, Erde und Kleinteilen getrennt wird und sodann über Metallabscheider Eisen und Nichteisenmetalle abgeschieden werden und auf einem Sortierband manuell oder mittels automatischer Systeme sortiert und die aussortierten Werkstoffe nach Werkstoffgruppen in getrennten flurgleichen Sammelbehältnissen gelagert und der traditionellen Verwertung zugeführt werden und in einem
 - 25 zweiten Verfahrensschritt das nicht aussortierte verbleibende Material auf eine Korngröße von etwa 150 mm bis 250 mm vorzerkleinert wird und daraus nochmals metallische Bestandteile, getrennt nach Eisen- und Nichteisenmetallen, ausgesondert werden und sodann
 - 30 - dem Material weitere Restfeuchte durch eine zweite Trocknungsvorrichtung entzogen wird und sodann
 - 35 - das Material in einer zweiten Siebstufe mit etwa 50% geringerer Maschenweite als die der ersten Siebstufe gesiebt wird und sodann das ausgesiebte Siebgut in einer Floatationsanlage floatiert wird und sodann
 - 40 - das dadurch von der mineralischen Fraktion befreite Material weiter einer Kompaktierung zugeführt wird und parallel dazu die Siebreste nachzerkleinert und nochmals daraus metallische Bestandteile ausgesondert werden und das nachzerkleinerte Material mit dem floatierten Material zusammengeführt wird, so dass
 - 45
 - 50
 - 55

ein Material aus fast ausschließlich organischen Stoffen verbleibt und

- das so aus der Nachzerkleinerung und der Floatation erhaltene organische Material auf einen verfahrensspezifisch definierten Feuchtegehalt gebracht wird, indem mittels Prozessrechner gesteuerter Zudosierung von Flüssigkeit, wie Klärschlamm oder anderen Schlämmen und mittels Feuchtesensor und Bandwaage ermittelter Parameter, so zu Briketts verpresst wird, dass dabei eine Eigenerwärmung des Stoffgemisches auf mehr als 150° C erfolgt und wobei in einem

dritten Verfahrensabschnitt aus den so erhaltenen Briketts mittels eines Vergasungsreaktors mit einer Vergasungstemperatur von etwa 300° C bis 450° C und einer Gasführung über ein glühendes Koks Bett mit einer Temperatur von etwa 1000° C bis 1400° C ein energetisch nutzbares teerfreies Gas erzeugt wird, indem dem Vergasungsprozess zunächst die Briketts über eine Zellradschleuse(2) sowie Luftsaauerstoff und/oder Wasserdampf zugeführt wird, wobei der Wasserdampf in einem Ringspalt(6) zwischen inneren und äußeren Vergasungsreaktormantel erzeugt und über Öffnungen(5, 22, 23) im oberen und im unteren Vergasungsreaktorbereich sowie über Verteilereinrichtungen im Vergasungsreaktor verteilt wird und

- wobei die Bemessung der Wasserdampfmenge mittels im Vergasungsreaktor angeordneter Messfühler(3, 7, 14, 18, 20, 21) für Druck, Temperatur, Massenströme und chemische Zusammensetzung des Gases gesteuert wird und wobei
- das Gas, nach passieren des Koks Betts, über eine Öffnung(8) unterhalb des Vergasungsreaktorkerns abgeleitet wird und wobei
- das Gas nachfolgend schnell abgekühlt auf 30° C bis 60° C abgekühlt, gewaschen und getrocknet wird und wobei
- in einem vierten Verfahrensabschnitt mittels Gasbrenner aus dem Gas direkt Wärmeenergie erzeugt wird und/oder mittels Gasmotor mit Generator daraus Elektroenergie und über Wärmetauscher aus der Abwärme der Gasaufbereitung, der Motorkühlung und des Motorabgases Wärmeenergie erzeugt wird und/oder durch Oxydation der im Gas enthaltenen oxydierbaren Bestandteile mittels einer Brennstoffzelle im katalytischem Prozess elektrische Energie erzeugt wird und die Abwärme der Abluft

der Brennstoffzelle über Wärmetauscher als Wärmeenergie genutzt wird und wobei

- in einem Nebenprozess das Kühlwasser, das Trocknungswasser aus Abluft und Brüden und das Waschwasser im Kreislauf mittels einer Wasseraufbereitungsanlage aufbereitet wird, wobei die dabei anfallenden Schmutzstoffgemische dem Inputgut als Material wieder vor dessen Verpressung zu Briketts zugesetzt werden und wobei die Abluft in einer Biofilteranlage gereinigt wird.

2. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, bestehend aus den modularen Hauptbaugruppen Aufgabevorrichtung, Vorrichtung zur Vortrocknung, Vorrichtung zur Vorabsiebung, Vorrichtung für die Metallabscheidung, Sortiervorrichtung, Sammelbehältnis- System mit Lagerbehälter, Vorzerkleinerer mit Vorrichtung zur Metallabscheidung, Trocknungsvorrichtung, Siebvorrichtung, Nachzerkleinerer mit Vorrichtung zur Metallabscheidung, Floatationsvorrichtung, Brikettiervorrichtung, Biofilter, Vorrichtung zur Wasseraufbereitung, Fördereinrichtungen, Vergasungsreaktor, Brennkraftmaschine, mit Elektrogenerator, Brenner zur direkten Wärmezeugung oder Brennstoffzelle für Gasoxidation wobei

- die Sortiervorrichtung eine Bandsortieranlage mit vorgeordneter erster Trocknungseinrichtung, erster Siebvorrichtung und Vorrichtung zur Metallabscheidung ist und die manuell oder automatisch betreibbar ist und der Sammel- und Lagerbehältnisse für Werkstoffgruppen, wie Metall, Glas, Kunststoff, Papier, Pappe, Karton und/oder Verbundwerkstoffen zugeordnet sind und wobei
- ein Biofilter dem Abluftauslass nachgeschaltet ist welcher mechanische und elektrostatische Filterelemente sowie Mikrobekulturen und Sprühdüsen für Wasser und/oder Nährstofflösungen zum Eintrag in den Biofilter enthält und wobei
- sich diesem eine Zerkleinerungsvorrichtung zur Vorzerkleinerung nicht aussortierten Materials und eine Vorrichtung zur Aussonderung von metallischen Bestandteilen sowie eine zweite Siebvorrichtung an schließt, dessen Siebstufe gegenüber der ersten Siebstufe eine etwa auf 50% reduzierte Maschenweite aufweist und dessen Siebgutaustrag über ein Transportband mit einer Floatationsvorrichtung gekoppelt ist und dessen Siebresteaustrag über ein Transportband mit einer Nachzerkleinerungsvorrichtung mit Metallabscheidung ge-

koppelt ist und wobei

- diese Floatationsvorrichtung aus einer Floatationswanne (26) mit schrägem Boden(28) besteht, in dem Druckluftdüsen (27) mit definierter Sprühcharakteristik zur Verwirbelung des zu floatierenden Materials befindlich sind, und bei welcher gegenüber der Materialeintragsstelle die Sammelrinne(30) sowie die Förderschnecken (29 und 32) für den Bodensatz von Mineralien angeordnet sind und wobei 5 10
- die organischen Materialien aus der Floatationsvorrichtung und aus der Nachzerkleinerung mittels Transportband über eine Bandwaage und einen Feuchtesensor zu einer Kompaktier- vorrichtung und einer Homogenisiereinheit als Brikettiervorrichtung zusammen geführt werden, wobei die Bandwaage und der Feuchtesensor über einen Prozessrechner mit einer Dosiervorrichtung für die Zudosierung von Flüssigkeiten und/oder Schlämmen gekoppelt sind und wobei 15 20
- sich der Brikettiervorrichtung, der ein Bunker zur Zwischenlagerung der Briketts nachgeordnet sein kann, über eine Fördereinrichtung der Vergasungsreaktor anschließt, welcher ein Festbetschachtvergaser ist und der eine Zellradschleuse(2) für die Briketts aufweist und in dessen oberen Reaktorbereich Rohrleitungen (5, 22, 23) und Rohrleitungen mit Verteilereinrichtungen für Luft und/oder Wasserdampf und/oder Gas befindlich sind, die weit bis ins Reaktorrinnere führen und wobei 25 30 35
- der Reaktorkern mit Keramik(11) ausgegossen und so ummantelt ist, dass sich ein wasserdichter Ringspalt(6) ausbildet, welcher mit dem Wassereinlass(9) verbunden ist und wobei 40
- sich im unteren Bereich des Vergaserkerns mehrere Lufteinlässe(10, 17) befinden und der Boden(12) des Vergasungsreaktors kegelförmig ausgebildet ist, wobei die Kegelspitze nach oben gerichtet ist und das untere Ende durch ein bewegliches ringförmiges Rost(13) für den Ascheaustrag mittels der Schleuse(15) abgeschlossen ist und wobei 45 50
- ein Rohr(8) unterhalb des Reaktorkerns seitlich desselben angeordnet ist das mit einer Öffnung im Vergaseraußenmantel verbunden ist und diese Öffnung wiederum über eine Rohrleitung mit einem Gaskühler, Gaswäscher und einem Gastrockner verbunden ist und wobei 55
- zur Steuerung von Luft- und Dampfmengen so-

wie des Inputs(1) Messfühler(3, 7, 14, 18, 20, 21) für verschiedene Parameter, wie Druck, Temperatur; Massenströme, Füllstände und chemische Zusammensetzung des erzeugten Gases im Vergasungsreaktor angeordnet sind und wobei

- die Wasseraufbereitungsanlage, bestehend aus dem Behälter(33) mit Zulauf (35) und Auslauf (34), mehrere unterschiedliche durch Trennwände(39) mit Überläufen(40, 43) abgeteilte Kammern(A bis I) aufweist, wie die Einlaufkammer(A) mit Messfühler(37, 38) für die Erfassung von verfahrensspezifischen Parametern und mehrere dieser nachgeordneten Absetzkammern für sedimentierende Stoffe und einem weiter nachgeordnetem Leichtstoffabscheider(41, 42) mit einem Einlauf über einen oberen Rohrstutzen, an welchem ein Koaleszenzabscheider befindlich ist, der aus einem Rohr mit darin befindlichem Drahtgestrick besteht und wobei
- eine der Kammern dabei als Misch- und Dosierkammer mit Rührwerk(36) zur Fällung von Schwebstoffen und gelösten Stoffen mittels Fällungs- und Flockungsmitteln gestaltet ist und wobei
- ein der ersten und der zweiten Trocknungsvorrichtung nachgeschalteter Biofilter mit Filtertüchern und/oder anderen Biostrukturen und/oder Zentrifuge und/oder elektrostatischen Bauelementen ausgestattet ist und dort auch Mikroben zur Verstoffwechselung organischer und anorganischer Stoffe auf einem strukturbildenden Trägermaterial, angesiedelt sind und im Biofilter Sprühdüsen für Wasser und/oder Nährstofflösungen zum Eintrag in den Biofilter angeordnet sind.

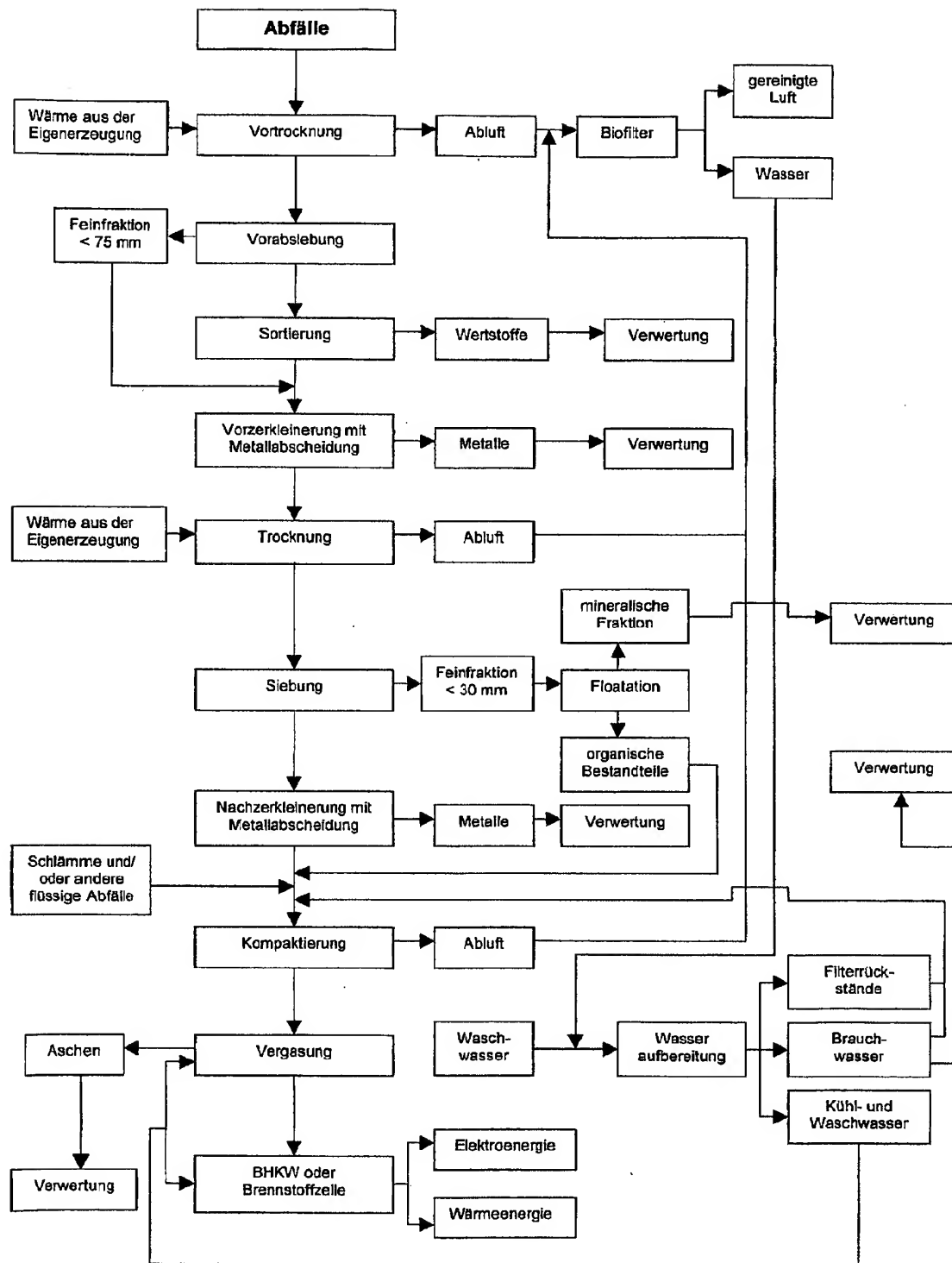


Fig. 1

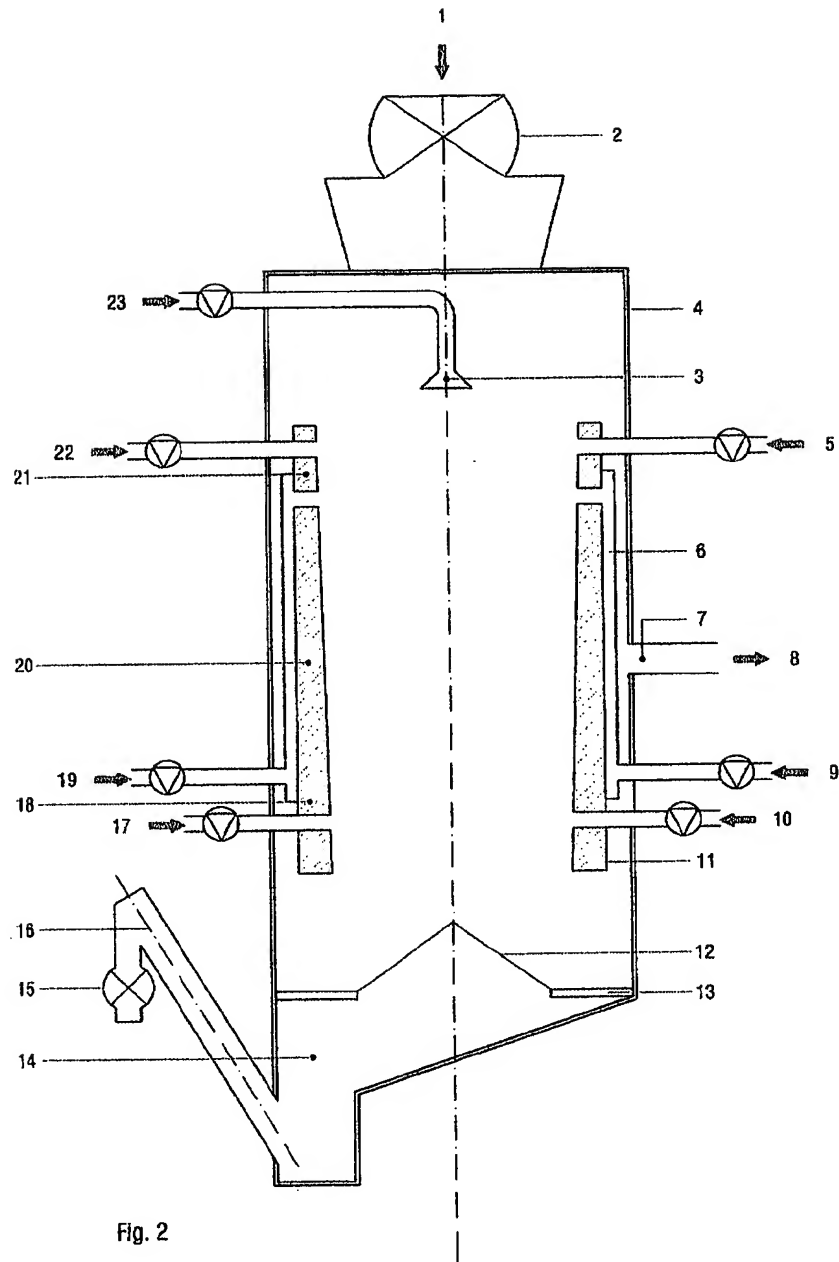


Fig. 2

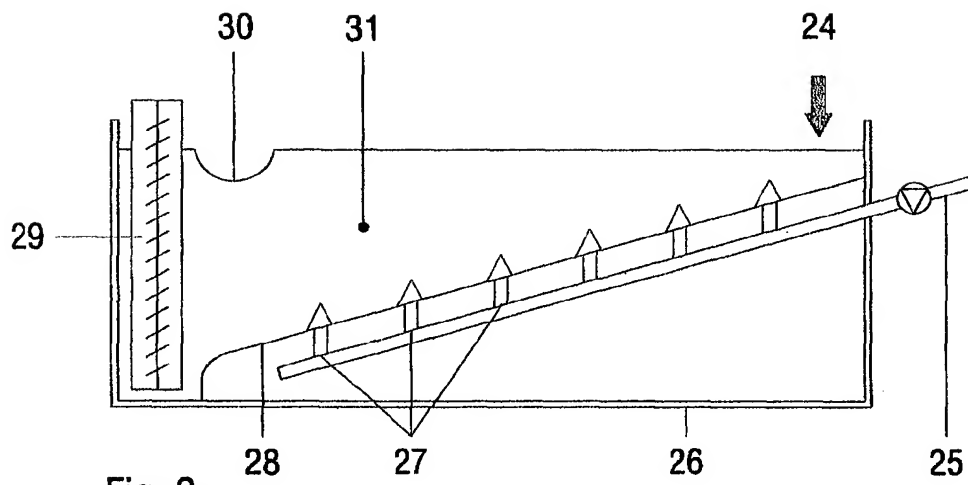


Fig. 3

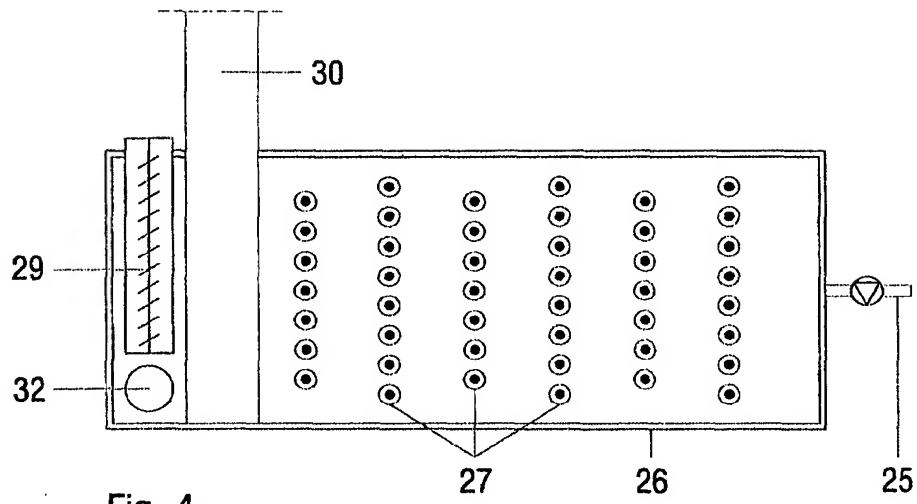


Fig. 4

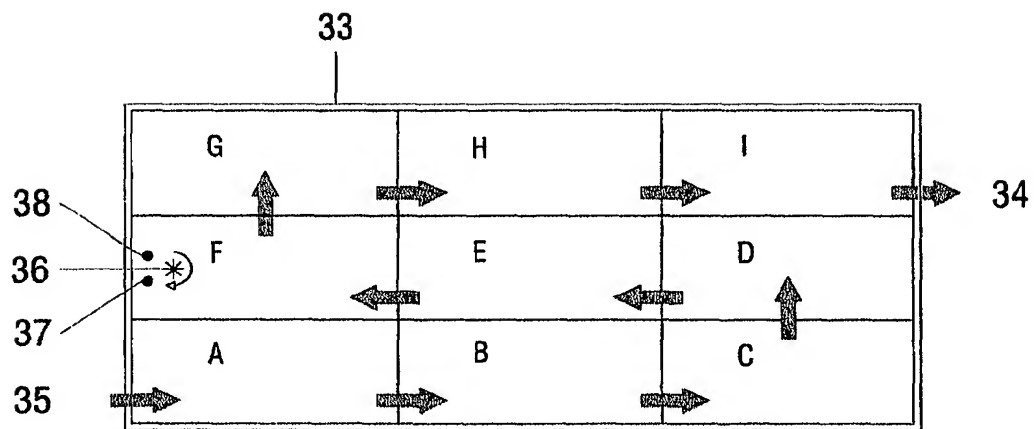


Fig. 5

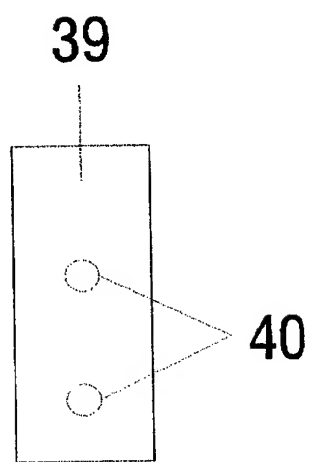


Fig. 6

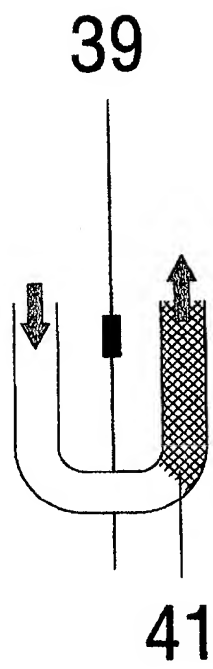


Fig. 7

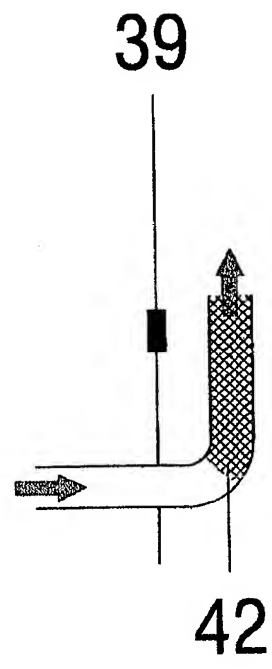


Fig. 8

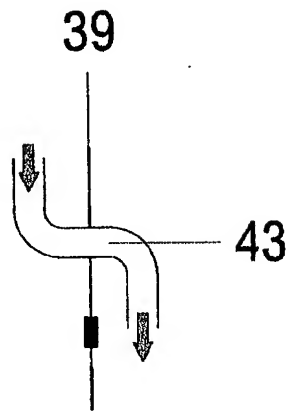
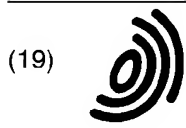


Fig. 9



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 182 248 A1**

(12) **EUROPEAN PATENT APPLICATION**

(43) Date of publication:
27.02.2002 Bulletin 2002/09

(51) Int Cl.7: **C10J 3/54**

(21) Application number: **01203191.0**

(22) Date of filing: **24.08.2001**

(84) Designated Contracting States:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Designated Extension States:
AL LT LV MK RO SI

(71) Applicant: **B.T.G. B.V.**
7500 AE Enschede (NL)

(72) Inventor: **Buffinga, Gerrit Jan**
7511 DT Enschede (NL)

(30) Priority: **25.08.2000 NL 1016019**

(74) Representative: **Kupecz, Arpad**
Octrooibureau Los en Stigter B.V. Postbox 20052
1000 HB Amsterdam (NL)

(54) **Method and apparatus for processing animal manure**

(57) The invention relates to a method for processing animal manure, in particular poultry manure, and more in particular chicken manure, characterized by the steps:

- drying the manure;
- subjecting the manure obtained in step a) to gasification, thereby yielding a combustible gas

mixture;

- purifying the gas mixture obtained in step b);
- cracking the purified gas mixture obtained in step c), thereby yielding a mixture of at least one combustible gas, hydrogen gas and nitrogen gas; and
- cooling the gas mixture obtained in step d).

The invention also relates to an apparatus.

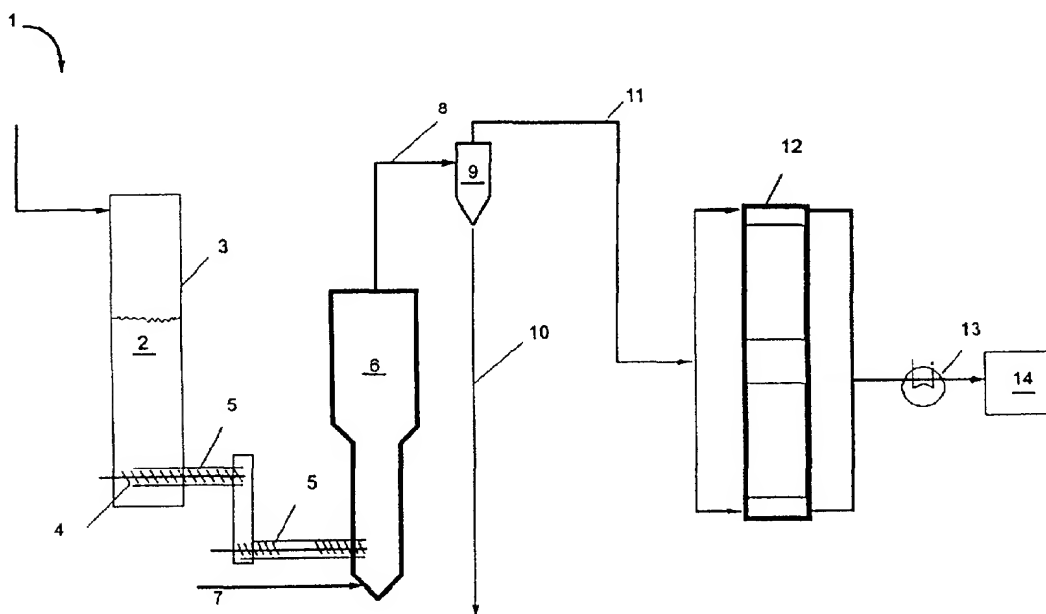


FIG. 1

Description

[0001] The invention relates to a method for processing animal manure, in particular poultry manure, and more in particular chicken manure.

[0002] Such a method is known in practice.

[0003] Over the past years there has been an increased interest regarding the treatment and processing of animal manure, the reasons being among others, the increasingly stringent environmental regulations imposed by the government on (poultry) farmers and an increase in costs for the disposal of the manure. However, practice has so far shown it to be impossible to process animal manure at low costs, with the result that farms (e.g. poultry farms) are burdened with considerable expenditure.

[0004] It is therefore an object of the present invention to provide a method for processing animal manure, in particular chicken manure that can be realized at relatively low costs.

[0005] It is a further object of the invention to provide such a method wherein the animal manure can be used for the generation of energy (heat and/or electricity).

[0006] These objectives are achieved by a method according to the preamble, characterized by the steps:

- a) drying the manure;
- b) subjecting the manure obtained in step a) to gasification, thereby yielding a combustible gas mixture;
- c) purifying the gas mixture obtained in step b);
- d) cracking the purified gas mixture obtained in step c), thereby yielding a mixture of at least one combustible gas, hydrogen gas and nitrogen gas; and
- e) cooling the gas mixture obtained in step d).

[0007] The gas mixture obtained by this method according to the invention may be used for the generation of energy and/or heat, for example, by feeding it to a combustion engine, such as a combined heat and power unit that drives a generator. The generator of such a total energy unit may be connected to the electricity grid. It is also possible to use the gas mixture obtained as such (via a current transmission line) in, for example a total energy unit, burner, boiler, etc., located elsewhere. The gas mixture obtained by the method according to the invention was shown to be of high quality and purity.

[0008] A further advantage of the method according to the invention is that the use of gasification makes it possible to obtain a relatively high electrical yield compared with combustion, especially on a small scale.

[0009] The method according to the invention makes it possible to gasify manure on a small scale, for example, at the (poultry) farm itself, thereby avoiding transport costs for the manure. By applying the method according to the present invention, a stock farm may be self sufficient in its electricity requirements. A possible energy surplus may be supplied to an electricity compa-

ny.

[0010] The present invention, moreover, makes it possible to process chicken manure that comprises higher concentrations of Cl, S, P and N than the usual biomass streams in an environmentally friendly manner, due to the fact that HCl, H₂S and NH₃ (ammonia) can be effectively removed, thereby making it possible to prevent high emissions of NO_x and SO_x.

[0011] In accordance with the invention it is preferred for the manure in step a) to be dried to a dry solid content of at least 70%, preferably at least 80%, still more preferably 85%.

[0012] In this way the subsequent gasification will give better results. As a rule, gasification is carried out by supplying a sub-amount of air.

[0013] If desired, some litter manure may be admixed to the manure in order to raise the dry-solid content. Litter manure is a mixture of litter (wood shavings) and layer manure. Litter manure is generally drier than the manure alone (for example, from the layers), and it is usually also easier to gasify because it has a higher energy content.

[0014] According to a favourable embodiment of the method according to the invention, the gasification is a fluid bed gasification, more in particular the bubbling bed type. The gasification may be subatmospheric, atmospheric or superatmospheric.

[0015] The use of fluid bed gasification results in high gas yields. In comparison with other types of gasifiers, such as solid bed gasifiers going with the flow, or counter-flow solid bed gasifiers, and crossdraft gasifiers the fluid bed gasification of the bubbling bed type, moreover, provides better mixing and heat transfer characteristics. A bubbling bed fluid bed gasifier can be adjusted to a uniform temperature with an accuracy of a few degrees Celsius.

[0016] It is preferred for the gasification to be carried out at a temperature such as to avoid the formation of slag. The formation of slag causes the agglomeration of particles, which may results in lumps and obstruction and eventually even in the stagnation of the gasification process.

[0017] The gasification temperatures to be used in practice depend, among other things, on the composition of the manure (manure from layers, for example, has a higher ash melting point than manure from meat chickens, thus allowing it to be gasified at a higher temperature), the type of gasifier used and the bed material used in the gasifier. The wall of the gasifier may optionally be cooled, for example, with air via a valve system. The optimal gasification temperature also depends on the capacity of the gasifier used. Gasification is preferably carried out at a temperature ranging from 600 to 950°C, preferably from 700 to 800°C, still more preferably from 720 to 770°C. Above 800°C a problem may arise due to slag formation and agglomeration, this applies especially to types of manure that have a low CaO content. Below 700°C proportionately more pyrolysis

can take place, which results in an increase in tar and methane concentrations in the gas. It has been shown that for manure having a high CaO content, such as manure from layers, the above-mentioned problems are present to a lesser extent.

[0018] The gas mixture in step c) is preferably purified in a rotating particle separator.

[0019] A rotating particle separator is compact and may be applied with favourable results at temperatures of even above 600°C. The rotating particle separator is usually operated at temperatures ranging from 400 to 650°C, preferably from 600 to 650°C under normal processing conditions. By means of the rotating particle separator it is possible to remove, among other things, fly ash and chlorine- and sulphur-comprising components (such as HCl and H₂S) from the gas. The fly ash may be processed, for example, into base material for artificial fertilizer or may be used in road construction or the building industry.

[0020] If desired, the other cleaning operation may also be carried out in order to limit the emission of harmful substances such as NO_x, SO_x, PACs and soot as much as possible.

[0021] According to a favourable embodiment, dolomite, a sodium carbonate and/or limestone may be added to the rotating particle separator.

[0022] This effectively removes HCl and H₂S from the gas.

[0023] It has been shown to be advantageous for the cracking in step d) to be carried out in a thermocatalytical tar cracker.

[0024] In a thermocatalytical tar cracker, at the surface of a (for example) Ni catalyst the remaining tars are catalytically cracked at a temperature of, for example, 900°C, and converted into smaller combustible gas components. The advantage of a thermocatalytical tar cracker is that it can be a compact device that apart from converting tar is also capable of converting ammonia (NH₃). This is especially advantageous in the case of chicken manure, since a considerable amount of NH₃ is released during its gasification.

[0025] Instead of using a thermocatalytical tar cracker it is also possible, if desired, to use wet scrubber systems. It is in any case judicious to remove tar, since possible devices later on in the process, such as combustion engines may not be resistant to large amounts of tar in the gas.

[0026] After cracking the gas the gas is cooled, preferably to a temperature ranging from 30 to 80°C, preferably just above the dew point of the gas.

[0027] Above 80°C the capacity of a possible later combustion engine becomes increasingly limited. However, below the dew point (approximately 45°C) the formation of drops occurs, making the gas less dry.

[0028] It is preferred for the gas mixture obtained in step d) to be cooled in a heat exchanger, first with air and then with air or water (for the exact adjustment of the temperature of the gas). The air that was heated due

to its being used for cooling may advantageously be used for drying the manure in step a).

[0029] This results in a considerable saving of fossil fuel needed for drying the manure.

[0030] The present invention also relates to an apparatus for processing animal manure, in particular poultry manure, and more in particular chicken manure, wherein the apparatus is provided with a storage reservoir for manure, which reservoir is connected via a pipe with a gasifier, which is connected with a gas purifier having at least one outlet for solid components and a second outlet for purified gas, which second outlet is connected with a cracker in communication with a cooler, which cooler is connected with a gas reservoir.

[0031] The gas reservoir according to the present invention may be part of a later apparatus such as a total energy unit, may be a gas pipe connected with such a later apparatus, but may also be a storage tank that, after being at least partially filled, may be transported to another location where the gas may be utilized.

[0032] In the apparatus according to the present invention it is preferred for the gasifier to be a fluid bed gasifier, in particular of the bubbling bed type.

[0033] Using a fluid bed gasifier results in high gas yields.

[0034] The gas purifier is preferably a rotating particle separator.

[0035] By this means it is possible to remove, among other things, fly ash and chlorine- and sulphur-comprising components from the gas phase.

[0036] It has been shown to be advantageous for cracking to be carried out in a thermocatalytical tar cracker.

[0037] In this way the remaining tars and remaining ammonia are catalytically cracked and converted into combustible gas, hydrogen and nitrogen.

[0038] After the gas is cracked the gas is cooled, preferably in a two-stage gas cooler, first with air and subsequently with air or water. The air that was heated due to its being used for cooling may be advantageously be used for drying the manure. Of course, instead of air or water any other suitable fluid may be used.

[0039] The apparatus according to the present invention will now be further elucidated with reference to a drawing, wherein:

[0040] Figure 1 is a schematic illustration of an apparatus for processing chicken manure in accordance with the present invention.

[0041] Figure 1 shows an apparatus 1 for processing chicken manure 2. The chicken manure 2 is collected in a storage reservoir 3, which at its bottom side is provided with an outlet 4. The outlet 4 is connected via a pipe 5 to a fluid bed gasifier 6 provided with an air inlet 7.

[0042] In the embodiment shown, the pipe 5 is provided with a conveyor and metering system that employs feed screws. If desired, an additive such as dolomite, sodium carbonate and/or limestone may be supplied, for example, at one of the feed screws in the pipe 5 or at

the gasifier 6.

[0043] Via a pipe 8, the gasifier 6 is connected with a gas purifier, which in the embodiment shown is indicated by rotating particle separator 9. According to the invention, the gas purifier may consist of one device, but if desired, may comprise several devices, depending on the desired purification processes.

[0044] The rotating particle separator 9 is provided with an outlet 10 for the separation of solid components. The outlet 11 of the rotating particle separator 9 for purified gas is connected with a thermocatalytical tar cracker 12, which is in communication with a cooler 13. The cooler 13 is preferably a two-stage cooler. The cooler 13 is connected with a gas reservoir 14. This gas reservoir 14 may be, for example, a gas pipe connected with, for example, a total energy unit (not shown), boiler, burner, etc.

[0045] The method according to the present invention will now be further elucidated with reference to a non-limiting exemplary embodiment.

Example

[0046] Chicken manure was processed by employing the apparatus of the type shown in the above-mentioned drawing.

[0047] In a time period of 8 hours, chicken manure in batches of 3 m³ were dried in the storage reservoir 3 (of a round airtec manure drier; available from Farmtec B. V., at Heerde, the Netherlands) to a dry solid content of 85%. Via the feed screws in the pipe 5 the dried chicken manure underwent gastight transport to the fluid bed gasifier 6 of the bubbling bed type (bed material: SiC with dolomite), available from BTG at Enschede, the Netherlands. The chicken manure was gasified for three days at a temperature of 720°C. The combustible gas produced in this way comprised, among other things, fly ash, CO, CH₄, H₂, N₂, CO₂, C₂ and C₃ components, water vapour, tar and H₂S, HCl and NH₃. This mixture of combustible gas and other components was added to the rotating particle separator 9, of the E type (available from Aarding at Nunspeet, the Netherlands) and (via outlet 10) fly ash, chlorine-comprising components and sulphur-comprising components were removed. The fly ash was of a quality such as to be usable as artificial fertilizer or in the cement industry, phosphor industry, road construction or building industry.

[0048] Via the pipe 11, the remaining gas was subsequently transported to the tar cracker 12, of the catalytic reverse flow type (available from BTG at Enschede, the Netherlands), where the remaining tars and remaining ammonia were cracked catalytically (at atmospheric pressure and 900°C) and converted into, among other things, combustible gas, hydrogen and nitrogen.

[0049] The gas obtained after cracking and having a temperature of 800°C was cooled to 40°C with the aid of a two-stage gas cooler, first with air and then with water. The air that was heated (6000 m³/hour) due to its

being used for cooling was recycled for drying the manure. The warm water was buffered in a boiler.

[0050] The cooled gas was supplied to a combustion engine driving a generator. The heat that was produced was conveyed to the boiler.

[0051] Per m³ imported chicken manure (dry solid content 80%), at a reactor temperature of 720°C, approximately 2-2.2 Nm³ gas was obtained having a calorific value (with the exception of LHV, C₂ and C₃ components) of approximately 3.9 to 4.5 MJ/Nm³. An apparatus of a larger capacity is expected to give better results.

[0052] The present invention is not limited to the - limiting embodiments described in the drawing and in the exemplary embodiment. These may be varied in numerous ways, all within the protective scope established by the claims.

Claims

1. A method for processing animal manure, in particular poultry manure, and more in particular chicken manure, **characterized by** the steps:

- a) drying the manure;
- b) subjecting the manure obtained in step a) to gasification, thereby yielding a combustible gas mixture;
- c) purifying the gas mixture obtained in step b);
- d) cracking the purified gas mixture obtained in step c), thereby yielding a mixture of at least one combustible gas, hydrogen gas and nitrogen gas; and
- e) cooling the gas mixture obtained in step d).

2. A method according to claim 1, **characterized in that** the manure in step a) is dried to a dry solid content of at least 70%, preferably at least 80%, still more preferably 85%.

3. A method according to claim 1 or 2, **characterized in that** the gasification is fluid bed gasification.

4. A method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the gasification is carried out at a temperature such as to avoid the formation of slag.

5. A method according to claim 4, **characterized in that** gasification is preferably carried out at a temperature ranging from 600 to 950°C, preferably from 700 to 800°C, and more preferably from 720 to 770°C.

6. A method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the gas mixture in step c) is purified in a rotating particle separator.

7. A method according to claim 6, **characterized in that** dolomite, sodium carbonate and/or limestone is added to the rotating particle separator.
8. A method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the cracking in step d) is carried out in a thermocatalytical tar cracker. 5
9. A method according to one of the preceding claims, **characterized in that** in step e) cooling takes place to a temperature ranging from 30 to 80°C. 10
10. A method according to claim 9, **characterized in that** the gas mixture obtained in step d) is cooled in a heat exchanger, first with air and then with air or water. 15
11. A method according to claim 10, **characterized in that** the air that was heated due to its being used for cooling is used for drying the manure in step a). 20
12. An apparatus for processing animal manure, in particular poultry manure, and more in particular chicken manure, **characterized in that** the apparatus (1) is provided with a storage reservoir (3) for manure (2), which reservoir is connected via a pipe (5) with a gasifier (6), which is connected with a gas purifier (9) having at least one first outlet (10) for solid components and a second outlet (11) for purified gas, which second an outlet (11) is connected with a cracker (12), which is in communication with a cooler (13), which cooler (13) is connected with a gas reservoir (14). 25
30
13. An apparatus according to claim 12, **characterized in that** the gasifier (6) is a fluid bed gasifier. 35
14. An apparatus according to claim 12 or 13, **characterized in that** the gas purifier (9) is a rotating particle separator. 40
15. An apparatus according to one of the claims 12-14, **characterized in that** the cracker (12) is a thermocatalytical tar cracker. 45
16. An apparatus according to one of the claims 12-15, **characterized in that** the cooler (13) is a two-stage cooler. 50

55

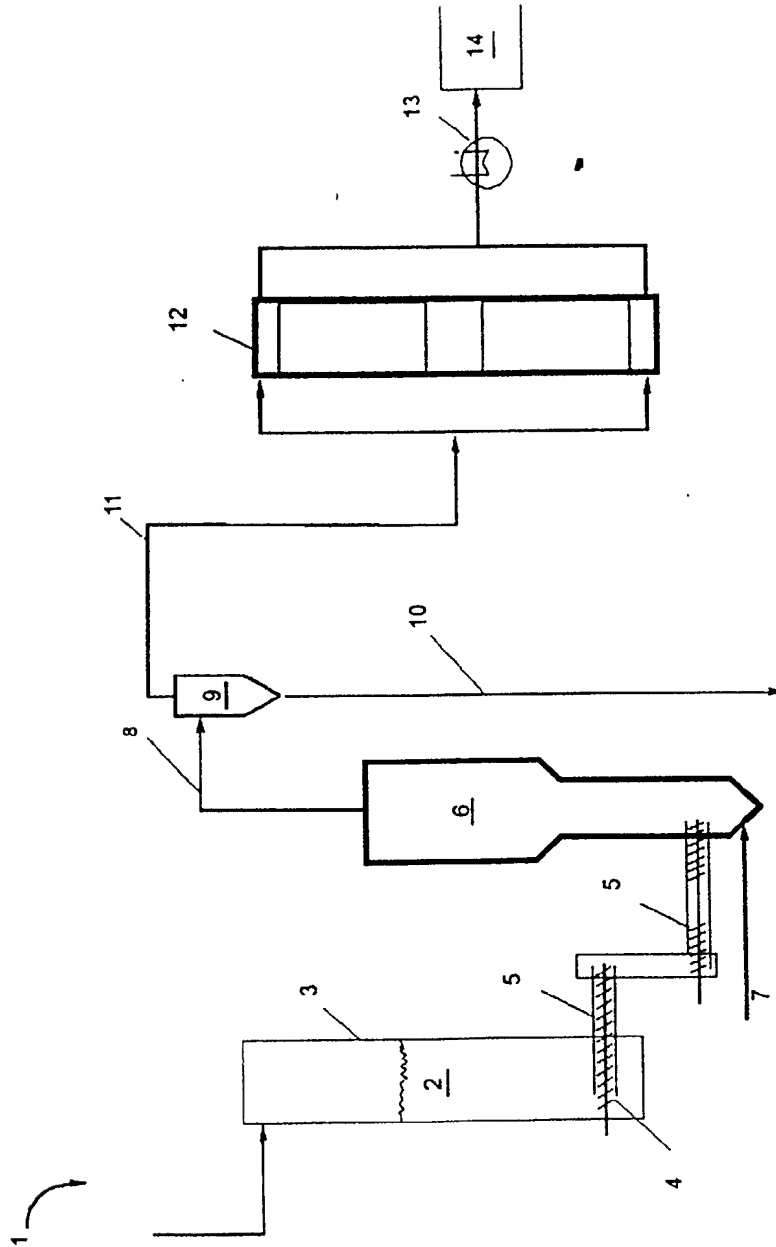


FIG. 1



European Patent
Office

EUROPEAN SEARCH REPORT

Application Number
EP 01 20 3191

DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT			
Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int.Cl.7)
A	US 4 497 637 A (PURDY KENNETH R ET AL) 5 February 1985 (1985-02-05) * claims 1,2,4,9,10 *	1,2,4,5, 9,12,13	C10J3/54
A	US 3 963 426 A (HAND JOHN W) 15 June 1976 (1976-06-15) * claims 1,5 *	1,5	
			TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int.Cl.7)
			C10J
The present search report has been drawn up for all claims			
Place of search THE HAGUE		Date of completion of the search 30 November 2001	Examiner De Herdt, O
CATEGORY OF CITED DOCUMENTS X : particularly relevant if taken alone Y : particularly relevant if combined with another document of the same category A : technological background O : non-written disclosure P : intermediate document		T : theory or principle underlying the invention E : earlier patent document, but published on, or after the filing date D : document cited in the application L : document cited for other reasons & : member of the same patent family, corresponding document	

EPOFORM 1503 03 82 (P24001)

**ANNEX TO THE EUROPEAN SEARCH REPORT
ON EUROPEAN PATENT APPLICATION NO.**

EP 01 20 3191

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned European search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

30-11-2001

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 4497637	A	05-02-1985	NONE		
US 3963426	A	15-06-1976	CA	1017949 A1	27-09-1977
			DE	2512317 A1	12-02-1976
			GB	1485542 A	14-09-1977



(12) **EUROPEAN PATENT APPLICATION**

(21) Application number : **95200943.9**

(51) Int. Cl.⁶ : **A01C 3/02, A01K 1/01**

(22) Date of filing : **13.04.95**

(30) Priority : **15.04.94 NL 9400596**

(43) Date of publication of application :
18.10.95 Bulletin 95/42

(84) Designated Contracting States :
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI NL PT SE

(71) Applicant : **Claesen, Robertus Maria**
Gewandhuis 6
NL-5427 PW Boekel (NL)

(72) Inventor : **Claesen, Robertus Maria**
Gewandhuis 6
NL-5427 PW Boekel (NL)

(74) Representative : **Van kan, Johan Joseph**
Hubert, Ir. et al
Algemeen Octrooibureau
P.O. Box 645
NL-5600 AP Eindhoven (NL)

(54) **A manure processing system.**

(57) A manure processing system comprising a manure storage space (1) as well as a manure cooling device, which comprises at least one floatable cooling element (7) located in the manure storage space (9). In use the cooling element (7) floats on the manure present in the manure storage space and will constantly cool the same amount of manure, irrespective of the amount of manure present in the manure storage space. When the manure storage space is located under a perforated floor on which the animals are present, the manure from the animals will fall directly through the perforated floor into the manure storage space. In that case the floating cooling element (7) will be located in the uppermost, fresh and mostly warm layer of manure, as a result of which an effective cooling is obtained.

The invention relates to a manure processing system comprising a manure storage space as well as a manure cooling device.

With such a manure processing system, which is known from German Patent DE-A-30.47.192, manure from animals is brought into a manure storage space separated from the animal accommodation and cooled by means of a manure cooling device comprising a heat exchanger. The heat exchanger comprises cooling pipes, which are provided at a fixed location in the manure storage space. A cooling liquid is passed through said cooling pipes, by means of which the manure is cooled. As a result of the cooling of the manure the amount of ammonia being emitted will be reduced. The degree of cooling depends on the reduction in the emission of ammonia that is to be effected.

A drawback of the known manure cooling device is that when the manure storage space is not entirely filled part of the cooling pipes are not surrounded by manure and thus do not perform a manure cooling function.

The object of the invention is to provide a manure processing system wherein the extent to which the manure cooling device is surrounded by the manure present in the manure storage space is constantly the same.

This objective is accomplished with a manure processing system according to the invention in that said manure cooling device comprises at least one floatable cooling element present in the manure storage space.

In use the cooling element floats on the manure and will constantly cool the same amount of manure, irrespective of the amount of manure that is present inside the manure storage space. When the manure storage space is located under a perforated floor on which the animals are present, the manure from the animals will fall directly through the perforated floor into the manure storage space. In that case the floating cooling element will be present in the uppermost, fresh and mostly warm layer of manure at all times, as a result of which an effective cooling is obtained. Thus it is achieved that the manure and the urine are cooled directly after being excreted, when their temperature is highest and the emission level is highest, resulting in a considerably reduced emission of ammonia.

One embodiment of the manure processing system according to the invention is characterized in that in use the plate-shaped cooling element extends substantially parallel to the surface of the manure present in the manure storage space.

The cooling element may simply be placed on the manure thereby.

Another embodiment of the manure processing system according to the invention is characterized in that in use the plate-shaped cooling element extends

at an angle with the surface of the manure present in the storage space.

By placing a cooling element at an angle it has become possible to provide a plurality of cooling elements in the manure, whereby the surface area of the cooling elements is considerably larger than the surface area of the manure, as a result of which a relative great cooling effect is obtained.

Another embodiment of a manure processing system according to the invention is characterized in that the manure cooling device is provided with circulating means for circulating a cooling liquid through the cooling element.

As a result of this an effective cooling of the uppermost layer of manure is achieved. The cooling liquid may be water, a coolant or groundwater. The advantage of using groundwater is that cooling water is available at all times.

The depth of the groundwater bore depends on the temperature of the water to be pumped. The water being pumped up is stored in an insulated storage tank, where additional cooling may take place. From said storage tank the water is pumped through the cooling elements by means of pumps and insulated supply and discharge pipes. The return water may for example land in another insulated storage tank, from where it may be used as drinking water having a temperature which is for example about 2 °C higher than at the time of being pumped up from the ground. Eventually, remaining water can be discharged of.

The invention furthermore relates to a cooling element for use in the manure processing system according to the invention.

The invention will be explained in more detail hereafter with reference to the drawing, in which:

Figure 1 is an embodiment of a manure processing system according to the invention;

Figure 2 is a cross-sectional view of a manure storage space;

Figure 3 is a plan view of the manure storage space shown in Figure 2;

Figure 4 is a cross-sectional view of a cooling element; and

Figure 5 is a cross-sectional view of another embodiment of a manure processing system according to the invention.

In the Figures like parts are numbered alike.

Figure 1 shows a manure processing system comprising a storage space 3a, 3b for manure from animals. In a pig feeding farm, for example, the animals are present on a grid 5 located above the manure storage space 3a, 3b. Cooling elements 7 are present inside the storage space 3a. Via a pipe 11 groundwater is pumped up by means of a pump into a first storage tank 9. Then the groundwater is supplied to the cooling elements via a pipe 13. At the other end of the cooling elements the water is supplied to a second storage tank 17 via a pipe 15. From

said second storage tank 17 the water (about 2 °C warmer) may either be used as drinking water for the animals, or be resupplied to the pipe 13 or the storage tank 9 in order to be reused for the cooling of the manure, or be returned into the ground. The cooling elements 7 may be provided with stabilizers 19, in order to prevent the cooling elements floating on the manure from tilting under the influence of the manure.

Figure 2 shows an embodiment of a cross-section of the storage spaces 3a and 3b. In this embodiment a concrete grid or wire grate 21 is provided above the cooling elements 7. The water supply and discharge pipes 13 and 15 respectively are provided with a flexible hose near the connection to the cooling element, as a result of which the cooling element is able to follow the manure level without being impeded by the pipes 13 and 15. Figure 2 furthermore shows a spacer 23, which functions to keep the cooling element in the storage space 3a at (substantially) the same distance from a wall.

Figure 3 shows an embodiment of a plan view of a storage space 3a with the cooling element 7. Four spacers 23 are shown in this embodiment.

Figure 4 shows a cross-section of a cooling element 7. This embodiment of the cooling element 7 comprises water passageways 25, which are bounded by partitions 27.

The Figures do not show how the manure processing system is controlled. One embodiment comprises a sensor which registers the temperature in the storage space and delivers it to a control box (for example comprising a computer). If the temperature becomes too high, the control box may for example increase the velocity at which the water is circulated, or provide additional cooling of the water in storage tank 9 or 17, or pump up (new) groundwater via storage tank 9 and subsequently supply said groundwater to the cooling elements.

The manure processing system may be provided with additional cooling elements at the sides of the storage spaces 3a and 3b.

Figure 5 shows another embodiment of a manure processing system according to the invention.

The cooling elements 7 are detachable secured in a comb-like holder 31 near their ends. The cooling elements 7 extend at an angle of for example 60 ° with respect to the manure surface 33, as a result of which a larger cooling area can be obtained than is the case when horizontally extending cooling elements are used. The holder 31 and the cooling elements float together on the manure present in the manure storage spaces 3a. The cooling elements 7 partially extend above the manure surface 33 thereby. Condensate forms on the parts of the relatively cold cooling elements 7 extending above the manure surface 33, which condensate absorbs part of the ammonia and which is subsequently precipitated in the manure storage space.

Claims

1. A manure processing system comprising a manure storage space as well as a manure cooling device, characterized in that said manure cooling device comprises at least one floatable cooling element present in the manure storage space.
2. A manure processing system according to claim 1, characterized in that in use the plate-shaped cooling element extends substantially parallel to the surface of the manure present in the manure storage space.
3. A manure processing system according to any one of the preceding claims, characterized in that in use the plate-shaped cooling element extends at an angle with the surface of the manure present in the storage space.
4. A manure processing system according to any one of the preceding claims, characterized in that in use the manure cooling device extends partly above the surface of the manure present in the storage space.
5. A manure processing system according to claim 3 or 4, characterized in that said manure cooling device is provided with a comb-like holder, in which said cooling element is detachably secured.
6. A manure processing system according to any one of the preceding claims, characterized in that said manure cooling device is provided with circulating means for circulating a cooling liquid through said cooling element.
7. A manure processing system according to any one of the preceding claims, characterized in that said cooling element is positioned at the same level as or maximally 10 cm below the upper side of the manure in said storage space.
8. A manure processing system according to any one of the preceding claims, characterized in that said cooling element has a specific weight of less than 1.2.
9. A manure processing system according to any one of the preceding claims, characterized in that said cooling element comprises stabilizers.
10. A manure processing system according to any one of the preceding claims, characterized in that said manure processing system includes additional cooling means near one edge of said storage space.

11. A manure processing system according to any one of the preceding claims, characterized in that said manure processing system comprises spacers for retaining said cooling element in position.

5

12. A cooling element for use in the manure processing system according to any one of the preceding claims.

10

15

20

25

30

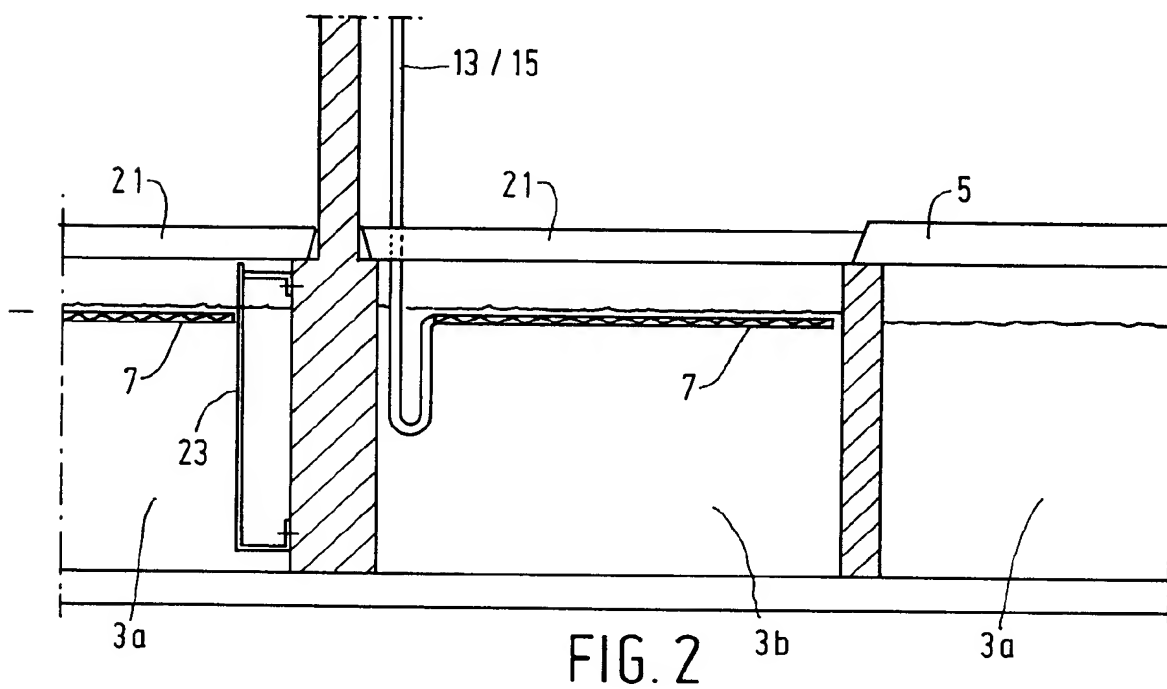
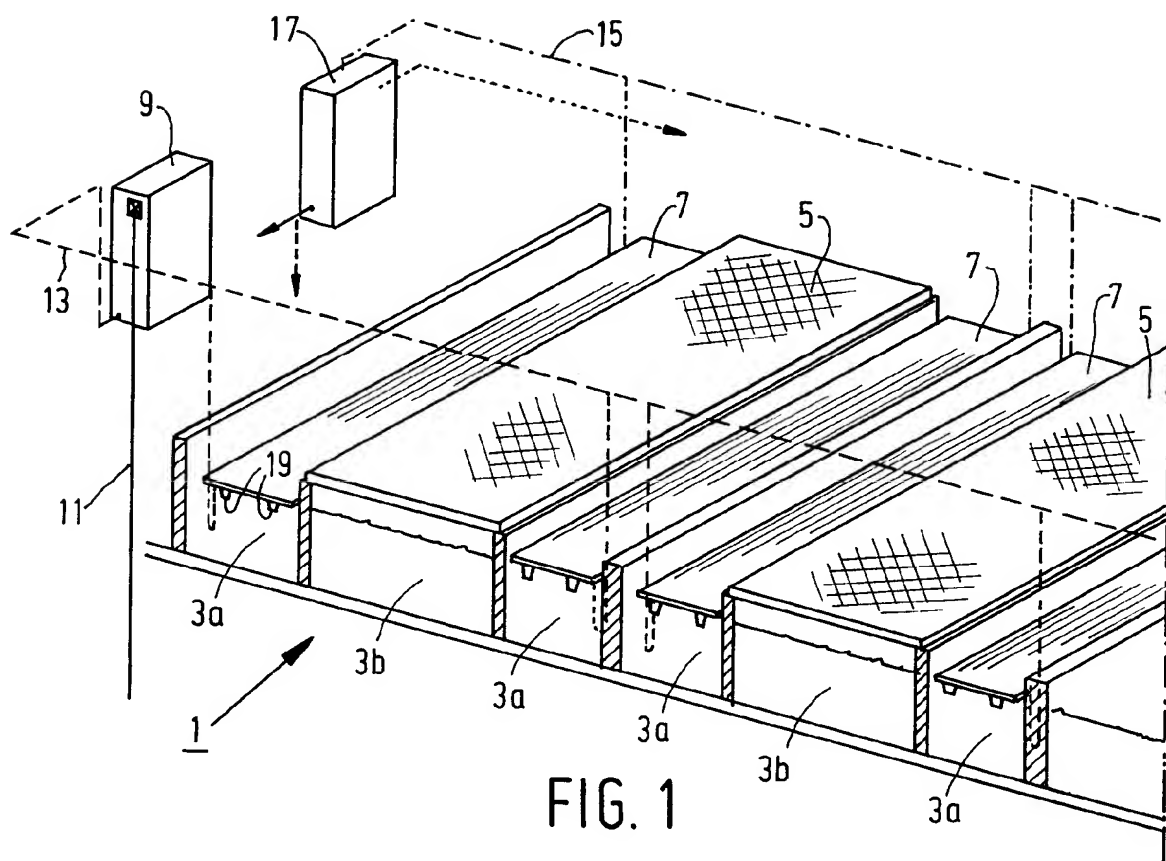
35

40

45

50

55



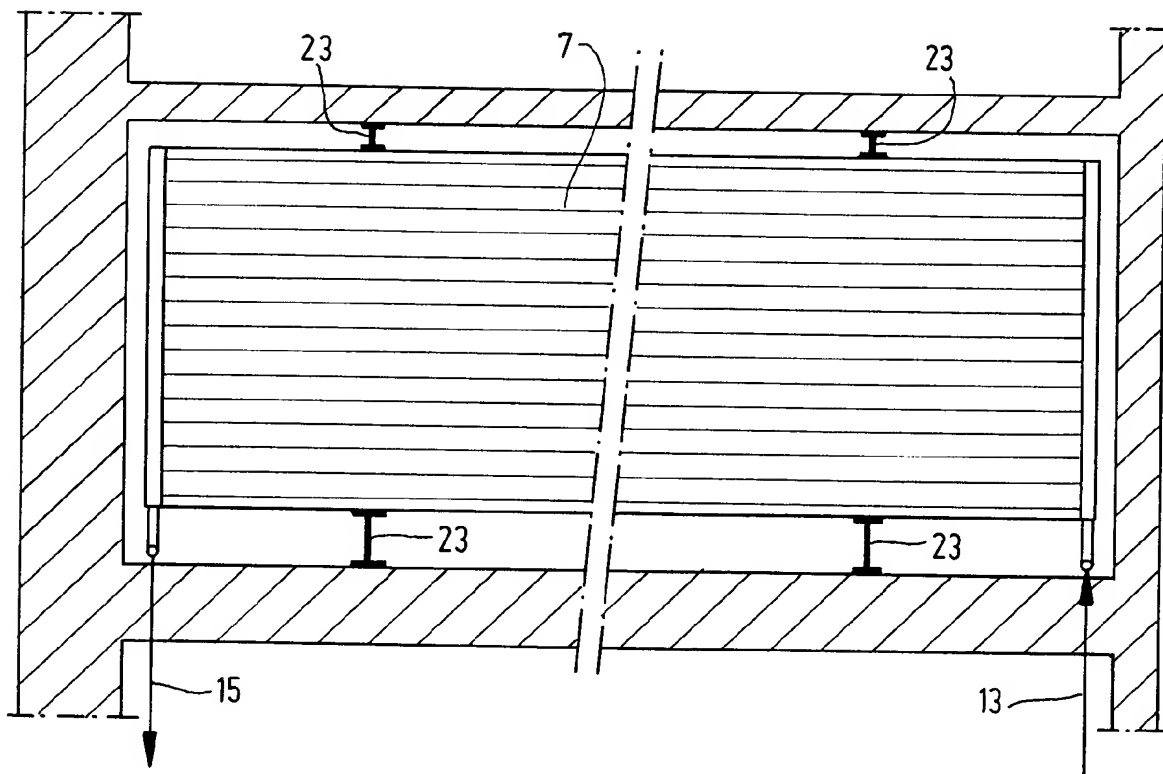


FIG. 3

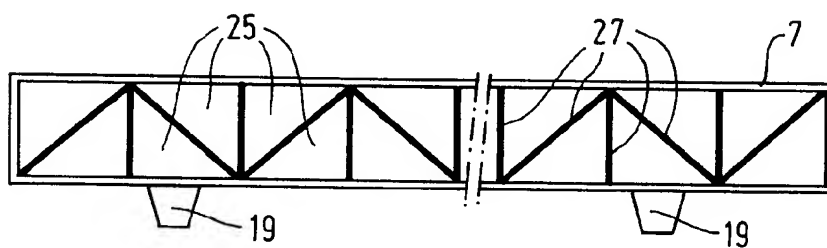
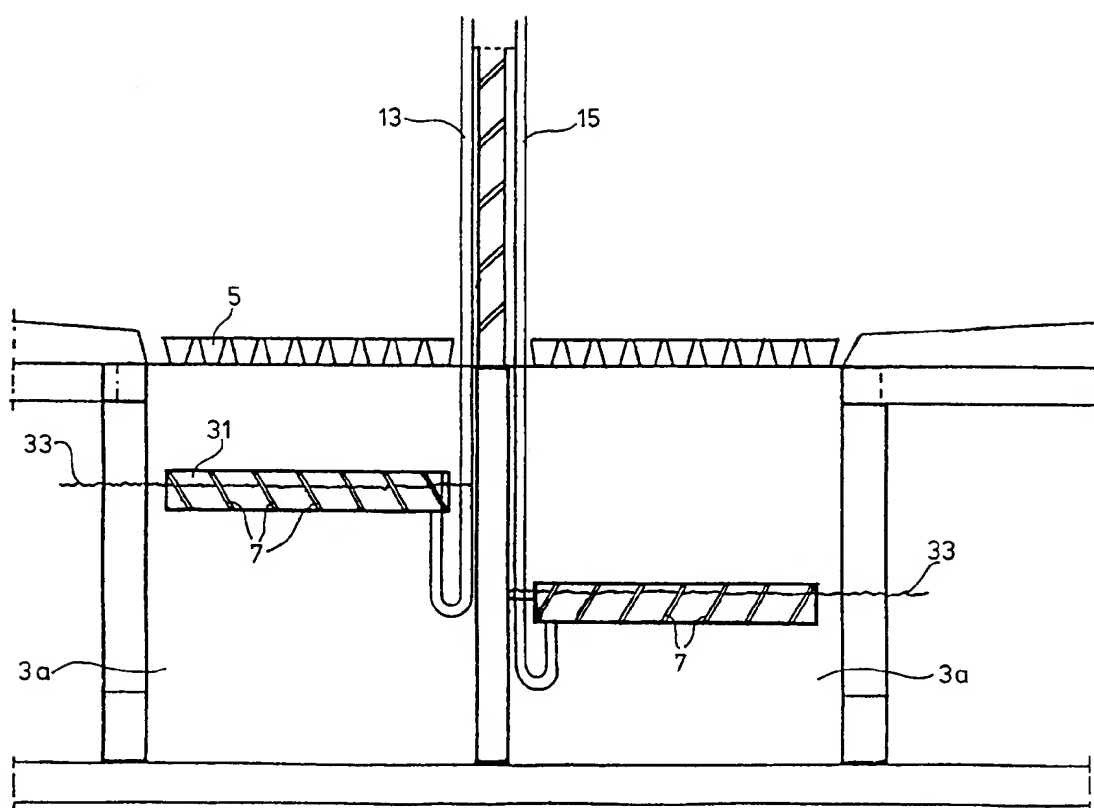


FIG. 4





European Patent
Office

EUROPEAN SEARCH REPORT

Application Number
EP 95 20 0943

DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT			
Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int.Cl.6)
X,D	DE,A,30 47 192 (LANGER) 22 July 1982 * the whole document *	1,6,8	A01C3/02 A01K1/01
X	DE,A,29 28 627 (ANDERS) 5 February 1981 * the whole document *	1,6,8	
A	DE,A,30 06 407 (GRÖTSCH) 10 September 1981 * page 6, line 3 - page 8; figures 1,2 *	1,6-10	
A	DE,A,29 42 558 (KOCH) 30 April 1981		
A	NL-A-9 100 631 (IMAG)		
A	NL-A-8 902 367 (WAVIN)		
			TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int.Cl.6)
			A01C A01K
The present search report has been drawn up for all claims			
Place of search THE HAGUE		Date of completion of the search 12 July 1995	Examiner Vermader, R
CATEGORY OF CITED DOCUMENTS X : particularly relevant if taken alone Y : particularly relevant if combined with another document of the same category A : technological background O : non-written disclosure P : intermediate document		T : theory or principle underlying the invention E : earlier patent document, but published on, or after the filing date D : document cited in the application L : document cited for other reasons & : member of the same patent family, corresponding document	

EPO FORM 1503 (03.92) (P4/C01)

(19) World Intellectual Property
Organization
International Bureau



(43) International Publication Date
12 May 2005 (12.05.2005)

PCT

(10) International Publication Number
WO 2005/042674 A1

(51) International Patent Classification⁷: **C10J 3/10**

(21) International Application Number:
PCT/GB2004/003818

(22) International Filing Date:
3 September 2004 (03.09.2004)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
0323497.8 8 October 2003 (08.10.2003) GB

(71) Applicant (for all designated States except US): **BAN-HAM POULTRY LTD** [GB/GB]; Station Road, Attleborough, Norfolk NR17 2AT (GB).

(72) Inventors; and

(75) Inventors/Applicants (for US only): **WATERSON, Robert, Neil** [GB/GB]; Satation Road, Attleborough, Norfolk NR17 2AT (GB). **GORAM, Robin, Michael** [GB/GB]; Station Road, Attleborough, Norfolk NR17 2AT (GB).

(74) Agent: **I.P. 21 LIMITED**; Norwich Research Park, Colney, Norwich NR4 7UT (GB).

(81) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of national protection available): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

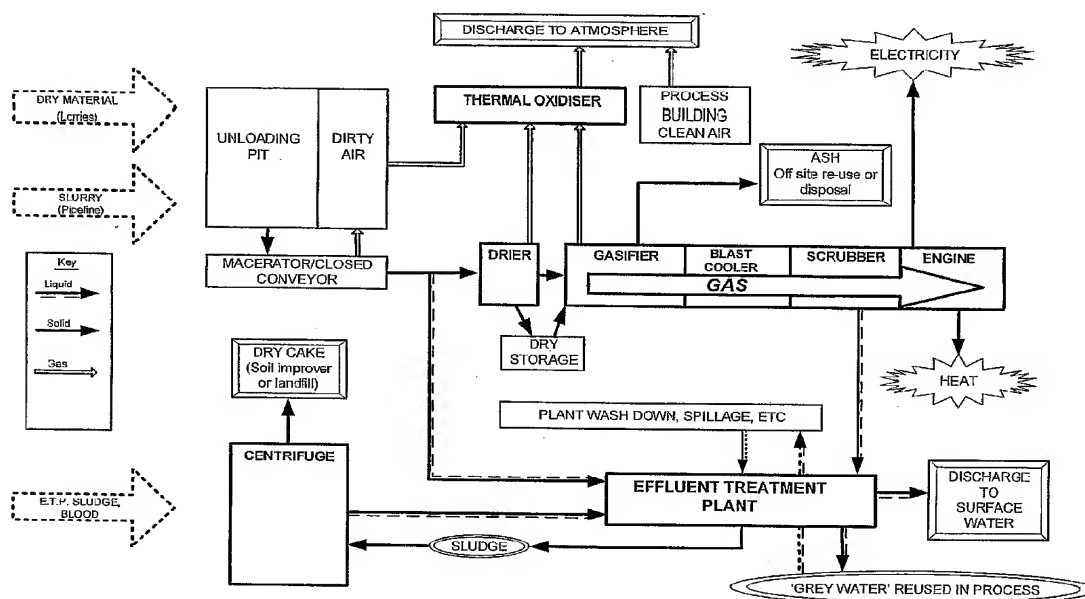
(84) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Declarations under Rule 4.17:

— as to applicant's entitlement to apply for and be granted a patent (Rule 4.17(ii)) for the following designations AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS,

[Continued on next page]

(54) Title: A METHOD OF GASIFICATION OF WASTE



(57) Abstract: A method of treating waste comprises the steps of drying said waste and submitting said dried waste to gasification for producing a combustible gas, characterised in that the method comprises the step of separating the waste into a portion for shredding and a portion for filtering prior to drying.



JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW, ARIPO patent (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)

— of inventorship (Rule 4.17(iv)) for US only

Published:

- with international search report
- with amended claims

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

A METHOD OF GASIFICATION OF WASTE

Field of the Invention

15

This invention relates to a method of treating waste.

Background to the Invention

20 In the context of the rise of environmental consciousness and the tightening of environmental legislation, industry is currently using a wide variety of waste treatment methods. These include for example: incineration, anaerobic digestion, land fill, thermophilic composting, by-product rendering, gasification and pyrolysis. The present invention is in essence an improvement to a gasification method of treating waste. The

25 closest prior art known to the applicant comprises a drier using a turbulent flow of heated air and a centrifuge action followed by a gas converter to convert waste into gas suitable for combustion. This prior art method takes untreated general domestic waste and submits the waste directly to this two-step process of drying and gasification.

30 One of the objectives of the present invention is to present a method which can be suitable for the treatment of not only primarily solid domestic waste but also can be used to treat waste with a high liquid content. It is a further objective of this invention to provide a method which is suitable for liquid/solid mixture waste treatment.

The invention also aims to provide a method which has improved thermal characteristics. The invention further aims at reducing or eliminating altogether undesirable odour emission.

5

It is also a particular objective of the invention to present a method of treatment of waste suitable for treatment of poultry waste containing feathers.

Summary of the Invention

10

In a first broad aspect, the invention provides a method of treating waste comprising the steps of drying said waste and submitting said dried waste to gasification for producing a combustible gas, characterised in that the method comprises the step of separating the waste into a portion for shredding and a portion for filtering prior to drying.

15

This combination of method steps is particularly advantageous because it allows the method to apply to waste which is other than pure solid waste and particularly to waste where there is a portion of solid, associated with a high portion of liquid/solid mixture waste. This method contributes to maximising the amount of waste susceptible of being submitted to drying and gasification. This will also reduce the extent to which waste liquid would have to be treated to meet stringent environmental levels.

In a second broad aspect, the invention provides a method of treating waste, comprising the steps of drying said waste and submitting said waste to gasification for producing a combustible gas, characterised in that the method comprises the step of submitting liquid waste with solids in suspension in the liquid to filtering means to substantially separate primarily solid waste from primarily liquid waste prior to drying said primarily solid waste.

This combination of method steps is unique in that it allows the treatment in this context of liquid waste containing solids in suspension which would hitherto have been simply discarded.

In a third broad aspect, the invention provides a method of treating waste, comprising the steps of drying said waste by supplying heated air to said waste, submitting said dried waste to gasification for producing a combustible gas, burning said gas to generate electricity and exchanging heat from the burning of the gas with the air supply to the waste for drying the waste.

Providing such a heat exchange renders this method more energy efficient and more environmentally friendly. This is particularly beneficial when drying materials which have a high liquid content near 30% because the energy consumption for satisfactorily drying this kind of waste would otherwise be quite substantial.

In a fourth broad aspect, the invention provides a method of treating waste, comprising the steps of collecting and cooling waste, drying said waste and submitting said dried waste to gasification for producing a combustible gas.

Cooling waste marks a radical departure from the prior art teaching of either simply adequately sealing waste or treating gaseous emissions from waste.

In a subsidiary aspect in accordance with any of the preceding aspects, the method when applied to waste containing feathers comprises the step of submitting quills of feathers to a cutter with a plurality of cutter blades so configured to section the quills.

This is particularly advantageous, it reduces the risk of any quills progressing through the system and possibly blocking certain areas. This method therefore is advantageous because it reduces the frequency at which any apparatus implementing this method would have to be serviced as a consequence of quills building up in a particular location.

In a further subsidiary aspect in accordance with any of the preceding broad aspects, the method comprises the step of routing the exhausts from the drying step and the gasification step to a single thermal oxidiser.

This is a particularly efficient method of reducing or eliminating altogether pollution from the drying and gasification steps whilst being particularly efficient in terms of the

manufacturing steps required and apparatus that would be required to carry out this method.

The invention also provides an apparatus adapted to carry out a method in accordance
5 with any of the preceding aspects.

Detailed Description of the Figure

The single figure accompanying this application illustrates one example of the method of
10 the present invention. The method illustrated shows the arrival of dry material in lorries
and the arrival of fluid/solid mixture such as a slurry in a pipe line. It is envisaged
employing a sealed unloading bay when using vehicles to transport waste. The unloading
bay may be isolated from the rest of the plant by sealed doors. Means may be provided to
ensure that the building operates under a negative pressure to reduce the possibility of
15 gases escaping. The lorry may tip its load into a sunken pit from where the waste can be
screw fed onto either a belt conveyor or any other transport means as selected by the
person skilled in the art. The pit may comprise a sealed lid to prevent odour leakage. A
drainage system is envisaged to pump any spills during unloading to an effluent treatment
plant. Strainers (for example with 4mm drain traps) may be fitted to the drainage system
20 to capture solids for further treatment.

The method envisages that waste would be stored prior or during treatment in order to
allow the method to be flexible. The waste may be collected for example in storage tanks
where for tanks containing liquid/solid mixtures, cooling coils may be employed to
25 maintain a stable temperature and reduce fugitive losses which are typically present
during hot weather. These tanks will be typically enclosed, lidded vessels. These tanks
may be emptied by pump or screw auger should the waste stored be suitable for flowing.
The tanks envisaged may incorporate vents fitted with carbon filters to prevent odour
escaping during filling or breathing. The tanks may also be fitted with level sensors and
30 alarms to prevent over-filling.

Prior to the steps of drying and gasification, the waste may be pre-treated. In this context,
the method envisages a step of separating the waste into a portion for shredding and a

portion for filtering prior to drying. A mixture of carcass, gut, bone, head, feet, feathers, sludge, blood may be separated into a solid portion including bones etc and a solid/liquid mixture. This separation may be carried out by a screening process (for example static wedge, inclined screw, rotary drum). The primarily solid waste product from the
5 screening filtering process may be broken down by shredding. For this purpose, macerators are commonly used in the rendering industry for cutting up meat waste.

Waste with high liquid content may be submitted to other filtering means such as belt presses which could remove a large percentage of water. The invention also envisages, as
10 a further filtering means, the use of a centrifuge which could be particularly useful for blood and effluent treatment plant sludge. A centrifuge being fed sludge, blood and mixed material may produce for example a de-watered cake of for example 24% and 39% dry solids. The cake produced by the centrifuge may be used as biomass fuel or used as soil improver or landfill (as shown on the flow chart attached). Preferably, the waste will be
15 pre-treated to be about 30% dry so as to be ready to be fed to a drier.

The drier may be of the kind which has an air heater pumping hot air into a mixture chamber into which waste is fed and mixed to the hot air and flows through the mixer in a turbulent flow. The mixture of heated air and waste may be submitted to a centrifuge to
20 separate the now dried solid waste and the exhaust air.

The dried waste may be stored for further treatment or directly channelled to a gas converter for gasification. The gas converter may be formed of a sealed vessel with a heated outer skin. The heat of the gas converter may be supplied by gas burners arranged
25 at regular intervals around the vessel. The sealed vessel essentially excludes air and may run at a temperature of approximately 800°. Due to the small particle size resulting from the pre-treatment carried out on the waste the particles of waste rapidly convert to a clean, high energy gas with a relatively small portion of ash generated (approximately 7% of input). The vessel may be of the kind which allows ash particles to fall by gravity to the
30 base of the chamber. The resulting ash consisting of residual carbon plus inert materials may be then cooled by a non-contact water jacket and collected in dedicated containers. The ash may be used for road building, construction materials and fertilisers. The gas produced by the gas converter may be ducted to a blast cooler for rapid cooling from 800°

to 22°. The cooler will be selected so as to avoid synthesis and formation of dioxins and furans. The cooled gas may then be bubbled through a scrubber using an aqueous solution of chlorine dioxide as the absorbent. After scrubbing, the gas may be fed to gas engines or gas turbines or any other suitable electricity generating means selected by the
5 person skilled in the art from known alternatives. The skilled person may select a gas engine which is turbo charged and spark ignited. The engine exhaust gases may be ducted back to the drier in order to contribute to the heating of the drier's input air.

Emissions from the gas engine and the gas converter may be channelled to a thermal
10 oxidiser which is adapted to control emissions to the atmosphere. The exhaust from the drier, centrifuge or other gas emissions may all be channelled to the thermal oxidiser which would limit any discharge to the atmosphere.

It is also envisaged to use the gas generated by the gas converter to fuel the gas converter
15 itself and/or the thermal oxidiser. This would reduce the amount of gas necessary to be supplied to the gas converter and would cause the system to be largely self-fuelling. A natural gas may however be supplied to the gas converter and/or thermal oxidiser during a start up phase and means may be provided to switch between the natural gas supply and the gas generated by the converter once a threshold of converted gas is reached.

CLAIMS

1. A method of treating waste, comprising the steps of drying said waste and submitting said dried waste to gasification for producing a combustible gas, characterised in that the method comprises the step of separating the waste into a portion for shredding and a portion for filtering prior to drying.

2. A method of treating waste, comprising the steps of drying said waste and submitting said dried waste to gasification for producing a combustible gas, characterised in that the method comprises the step of submitting liquid waste containing solids in suspension to filtering means to substantially separate primarily solid waste from primarily liquid waste prior to drying said primarily solid waste.

3. A method of treating waste, comprising the steps of drying said waste by supplying heated air to said waste, submitting said dried waste to gasification for producing a combustible gas, burning said gas to generate electricity and exchanging heat from the burning of the gas with the air supplied to the waste for drying the waste.

4. A method of treating waste, comprising the steps of collecting and cooling waste, drying said waste and submitting said dried waste to gasification for producing a combustible gas.

5. A method according to any preceding claim and for the treatment of waste containing feathers, comprising the step of submitting quills of feathers to a cutter with a plurality of cutter blades so configured to section the quills.

6. A method according to any preceding claim, comprising the step of routing the exhausts from the drying step and the gasification step to a single thermal oxidiser.

7. A method substantially as hereinbefore described with reference to and/or illustrated in any appropriate combination of the accompanying text and/or figure.

8. Apparatus adapted to carry out a method in accordance with any of the preceding claims.
- 5 9. Apparatus substantially as hereinbefore described with reference to and/or illustrated in any appropriate combination of the accompanying text and/or figure.

AMENDED CLAIMS

[received by the International Bureau on 08 February 2005 (08.02.05);
Original claims 1-9 replaced by new claims 1-10 (2 pages).]

1. A method of treating waste, comprising the steps of: selecting primarily solid waste; shredding and drying said waste; and submitting said dried waste to gasification for producing a combustible gas; characterised in that the method also comprises the steps of selecting primarily liquid waste containing solids in suspension and of filtering said liquid waste to substantially separate the solids from the liquid waste.
2. A method of treating waste, comprising the steps of: selecting primarily solid waste; shredding and drying said waste; and submitting said dried waste to gasification for producing a combustible gas; characterised in that the method further comprises a step of submitting odorous emissions to a thermal oxidiser.
3. A method of treating waste according to either of Claim 1 or Claim 2, further comprising the steps of collecting and cooling waste.
4. A method according to any preceding claim and for the treatment of waste containing feathers, comprising the step of submitting quills of feathers to a cutter with a plurality of cutter blades so configured to section the quills.
5. A method according to any preceding claim, comprising the step of routing the exhausts from the drying step and the gasification step to a single thermal oxidiser.
6. A method according to any of the preceding claims, comprising the step of directly submitting dried waste from the dryer to a gasifier.
7. A method according to any of Claims 1 to 5, comprising the steps of obtaining said dried waste from the dryer and directly storing said dried waste before directly supplying the dried waste to a gasifier.
8. A method substantially as hereinbefore described with reference to and/or illustrated in any appropriate combination of the accompanying text and/or figure.

9. Apparatus adapted to carry out a method in accordance with any of the preceding claims.

10. Apparatus substantially as hereinbefore described with reference to and/or illustrated in any appropriate combination of the accompanying text and/or figure.

1 / 1

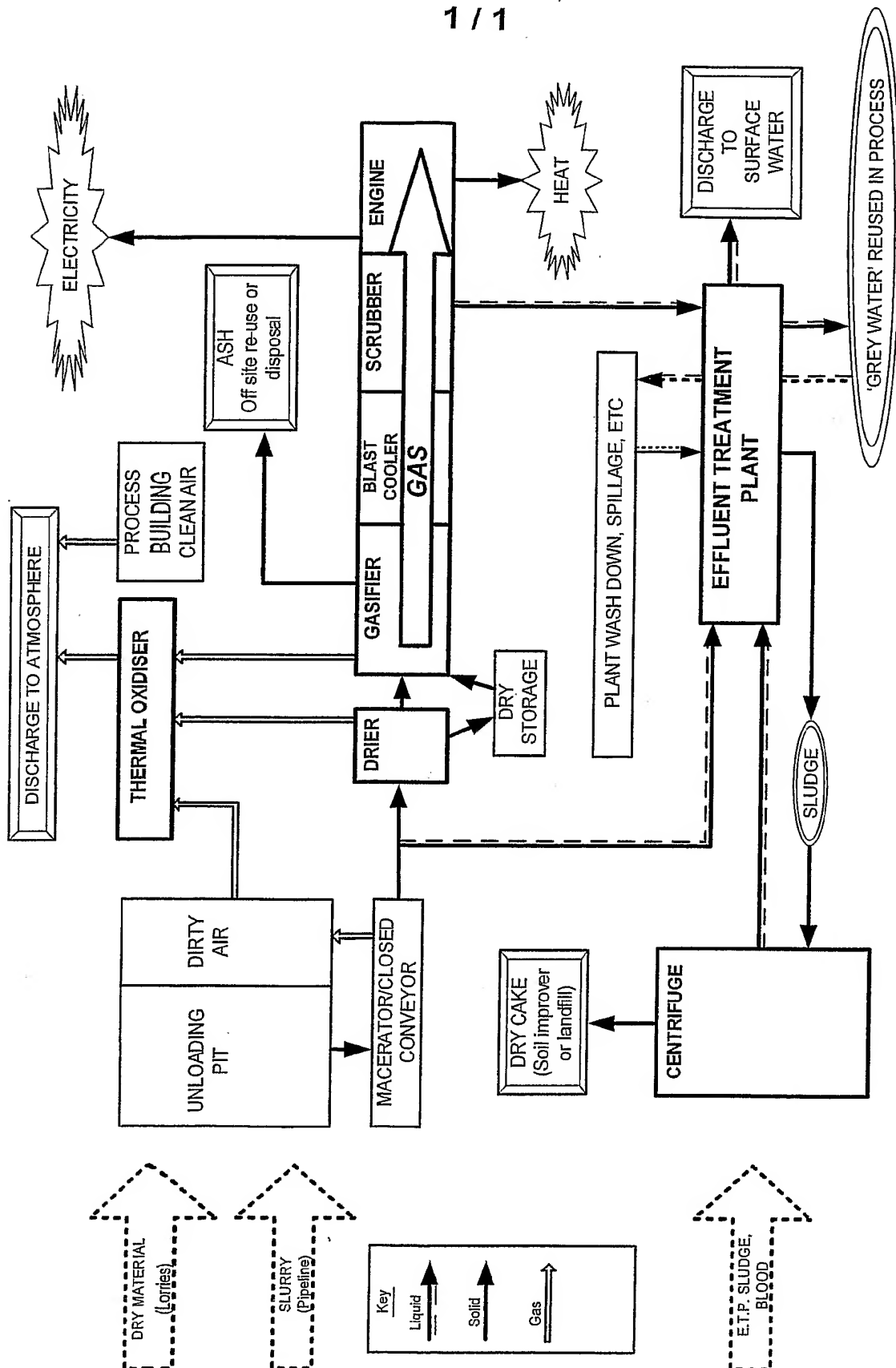


FIGURE 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter I Application No
PCT/GB2004/003818

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 C10J3/10		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 C10J A01C		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,X	EP 1 434 003 A (UBB MAGDEBURG KIPPER & DR STEG) 30 June 2004 (2004-06-30) abstract; figures column 6, line 15 - line 28 column 6, line 38 - line 41 column 6, line 56 - column 7, line 11 column 7, line 25 - line 35	1
P,X	WO 2004/046279 A (BRAUER PETER DIRK ; SAMSON BIMATECH I S (DK)) 3 June 2004 (2004-06-03) abstract; figures page 2, line 24 - line 27 page 3, line 1 - line 11 page 4, line 2 - line 16 page 5, line 6 - line 11 page 7, line 22 - line 24 ----- -/--	1
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. </div> <div> <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex. </div> </div>		
* Special categories of cited documents : <div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="flex: 1;"> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"&" document member of the same patent family</p> </div> </div>		
Date of the actual completion of the international search <div style="text-align: center;">11 November 2004</div>		Date of mailing of the international search report <div style="text-align: center;">22/11/2004</div>
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer <div style="text-align: center;">Lapeyrere, J</div>

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter Application No
PCT/GB2004/003818

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 198 57 870 A (RES & DEV OF RENEWABLE ENERGY) 21 June 2000 (2000-06-21) abstract; figures column 3, line 44 - line 52 page 4, line 5 - line 10	1,2
Y	-----	4
Y	DE 30 47 192 A (LANGER PAUL GERHARD) 22 July 1982 (1982-07-22) the whole document	4
X	----- WO 01/58244 A (COOPERATIEF ADVIES EN ONDERZO ; OPDAM JOANNES JOZEF GERARDUS (NL); SC) 16 August 2001 (2001-08-16) abstract; figures page 1, line 1 - line 6 page 2, line 4 - line 16 page 3, line 25 - page 4, line 16 page 5, line 36 - page 6, line 9 page 14, line 16 - line 23 page 26, line 28 - line 29 page 27, line 9 - line 21 page 29, line 28 - page 30, line 3	3
A	----- EP 1 182 248 A (B T G B V) 27 February 2002 (2002-02-27) abstract; figures page 1, paragraph 4 - paragraph 5 page 2, paragraph 13 page 3, paragraph 28	1-6
A	----- EP 0 677 237 A (CLAESEN ROBERTUS MARIA) 18 October 1995 (1995-10-18) column 1, line 1 - line 48; figures	4
A	----- US 6 112 677 A (SIEGENTHALER ARNO ET AL) 5 September 2000 (2000-09-05) abstract; figures column 2, line 48 - line 54 column 5, line 36 - line 44 column 5, line 55 - line 61 column 6, line 14 - line 20 column 6, line 62 - line 67 column 7, line 25 - line 27 column 9, line 27 - line 40 column 11, line 3 - line 14 column 11, line 24 - line 41	1-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/GB2004/003818

Box II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Search Report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☒ Claims Nos.: 8
because they relate to parts of the International Application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful International Search can be carried out, specifically:
see FURTHER INFORMATION sheet PCT/ISA/210
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this International Search Report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

Continuation of Box II.2

Claims Nos.: 8

Claims 8 does not contain apparatus feature, which render it difficult, if not impossible, to determine the matter for which protection is sought. Therefore, the present application fails to comply with the clarity and conciseness requirements of Article 6 PCT (see also Rule 6.1(a) PCT) to such an extent that a meaningful search is impossible. Consequently, the search has been carried out for those parts of the application which do appear to be clear (and concise), namely the process for gasification of claims 1 to 6.

The applicant's attention is drawn to the fact that claims relating to inventions in respect of which no international search report has been established need not be the subject of an international preliminary examination (Rule 66.1(e) PCT). The applicant is advised that the EPO policy when acting as an International Preliminary Examining Authority is normally not to carry out a preliminary examination on matter which has not been searched. This is the case irrespective of whether or not the claims are amended following receipt of the search report or during any Chapter II procedure. If the application proceeds into the regional phase before the EPO, the applicant is reminded that a search may be carried out during examination before the EPO (see EPO Guideline C-VI, 8.5), should the problems which led to the Article 17(2) declaration be overcome.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter..... Application No
PCT/GB2004/003818

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1434003	A	30-06-2004	DE 10346892 A1 EP 1434003 A2 PL 364215 A1 US 2004134395 A1	15-07-2004 30-06-2004 28-06-2004 15-07-2004
WO 2004046279	A	03-06-2004	WO 2004046279 A1	03-06-2004
DE 19857870	A	21-06-2000	DE 19857870 A1	21-06-2000
DE 3047192	A	22-07-1982	DE 3047192 A1	22-07-1982
WO 0158244	A	16-08-2001	AU 3778901 A WO 0158244 A2	20-08-2001 16-08-2001
EP 1182248	A	27-02-2002	NL 1016019 C2 EP 1182248 A1	26-02-2002 27-02-2002
EP 0677237	A	18-10-1995	NL 9400596 A AT 149279 T DE 69500165 D1 DE 69500165 T2 DK 677237 T3 EP 0677237 A1	01-11-1995 15-03-1997 10-04-1997 12-06-1997 30-06-1997 18-10-1995
US 6112677	A	05-09-2000	DE 19608826 A1 WO 9732945 A1 EP 0885274 A1 JP 2000505123 T	11-09-1997 12-09-1997 23-12-1998 25-04-2000

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur vollständigen und schadstofffreien Konversion von Material, umfassend biogenes Material wie Biomüll, Holz, Garten- und Lebensmittelabfälle, und/oder Kohlenwasserstoffe bzw. deren organische Verbindungen, in Energieträger, wie Wasserstoff, Gas, Methanol, elektrischen Strom, und in Düngemittel, ohne Anwendung von Pyrolyse und/oder Verbrennung.

Aus energietechnischen und ökologischen Gesichtspunkten wurden in den letzten Jahren Lösungen angestrebt, einerseits nachwachsende Energieträger zur Energieerzeugung auszunutzen und andererseits bei der Abfallentsorgung möglichst umweltschonende Verfahren und Vorrichtungen zu entwickeln. Bei der Müllentsorgung spielt die derzeit in Deutschland erfolgende Müllsortierung eine Schlüsselrolle, wobei jedoch noch keine Verfahren und Vorrichtungen bekannt sind, die in effizienter Weise das Müllaufkommen energetisch nutzen können. Es sind zwar Recycling-Anlagen zum Wiederverwenden von Kunststoffabfällen bekannt, diese erfordern jedoch meistens sortenreines Abfallmaterial, welches nur äußerst selten gegeben ist. Biogenes Material wie Biomüll, Holz, Garten- und Lebensmittelabfälle werden derzeit entweder kompostiert oder unter Fremdenergiezufuhr in Müllverbrennungsanlagen verfeuert. In jedem Fall wird aus diesem biogenen Material sowie aus Kohlenwasserstoffen und deren organischen Verbindungen bis dato kaum ein nennenswerter energetischer Nutzen gezogen.

Verfahren und Vorrichtungen zur generellen Konversion pflanzlich gebundener Sonnenenergie und von biologischem Material sind z. B. aus der DE 44 02 559 desselben Anmelders bekannt. Weitere Verfahren und Vorrichtungen zur Energieerzeugung aus nachwachsenden Rohstoffen sind beschrieben in der EP 0 347 765 und der DE 40 42 964.

Alle oben genannten bekannten Verfahren erfordern sortenreines biogenes Material und stellen gesamtkonzeptionsmäßig lediglich Interimslösungen dar. Insbesondere ist die Energieausbeute nicht optimiert, und die Handhabung der entstehenden Reststoffe stellt nach wie vor deutliche Probleme dar.

Dementsprechend besteht ein Bedarf für ein verbessertes Verfahren und eine verbesserte Vorrichtung zur vollständigen und schadstofffreien Konversion von Material, umfassend biogenes Material und/oder Kohlenwasserstoffe bzw. deren organische Bindungen. Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, solch ein verbessertes Verfahren und solch eine verbesserte Vorrichtung anzugeben, welche biogenes Material und/oder Kohlenwasserstoffe zur Energieerzeugung nutzen kann, d. h. beispielhaft verdorbene Polyethylen-verpackte Lebensmittel oder andere nicht sortenreine Abfälle. Das Verfahren und die Vorrichtung sollte desweiteren sowohl ökonomisch als auch ökologisch, insbesondere hinsichtlich Energieausbeute und Schadstoffemission, optimierte Ergebnisse und verbesserte Wirkungsgrade bereitstellen.

Erfindungsgemäß wird die obige Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruches 1 sowie durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruches 2 gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

Insbesondere wird erfindungsgemäß ein Verfahren zur vollständigen und schadstofffreien Konversion von Material, umfassend biogenes Material wie Biomüll, Holz, Garten- und Lebensmittelabfälle und/oder Kohlenwasserstoffe bzw. deren organische Verbindungen, in Energieträger wie Wasserstoff, Gas, Methanol, elektrischer Strom, und in Düngemittel, ohne Anwendung von Pyrolyse und/oder Verbren-

nung angegeben, wobei das Verfahren die Schritte umfaßt: Vorbehandeln des Materials durch Sortieren, Mischen, Zerkleinern, Entwässern und Pelletieren des Materials; Vergären des erhaltenen Abpreßwassers in einem Fermenter, wodurch Biogas, insbesondere Methan und Flüssigdünger entsteht; Umsetzen des erhaltenen pelletierten Biomülls in einem Wasserdampfreaktor bei 750–820°C in einem geschlossenen System mit überhitztem Wasserdampf zu Wasserstoffgas und CO₂ bzw. umweltneutralem CO₂; Umwandeln des Wasserstoffgases nach Gasreinigung in Brennstoffzellen in elektrischen Strom oder Konvertieren des Wasserstoffes mit dem gleichzeitig im Wasserdampfreaktor erzeugten CO_x katalytisch zu Methanol, oder Umwandeln des wasserstoffreichen Gases, welches mittels dem Wasserdampfreaktor erhalten wurde, direkt in Gas- und/oder Dampfturbinen in elektrischen Strom und in Prozeßdampf bzw. -wärme; und Verarbeiten der Reststoffe aus dem Fermenter zu Dünger, wobei ggf. Rückstände aus dem Wasserdampfreaktor zugemischt werden können, oder zu einem Additiv für Komposterde weiterverarbeitet werden können.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Energieerzeugung aus Material, umfassend biogenes Material wie organischen Müll, Holz, Garten- und Lebensmittelabfälle, und/oder Kohlenwasserstoffe bzw. deren organische Verbindungen, in Energieträger, wie Wasserstoff, Gas, Methanol und elektrischen Strom, und in Düngemittel, ohne Anwendung von Pyrolyse und/oder Verbrennung, insbesondere zur Durchführung des zuvor erwähnten Verfahrens, umfaßt eine Aufbereitungseinrichtung, die flüssige Bestandteile aus dem Material abscheidet, eine Fermentiereinrichtung, insbesondere einen Vier-Stufen-Biogas-Fermenter zur Erzeugung von Biogas und/oder Düngemittel aus den flüssigen Bestandteilen, die in der Aufbereitungseinrichtung abgeschieden werden, einen Wasserdampfreaktor zur Umwandlung des nach der Aufbereitungseinrichtung verbleibenden Materials zu Gasen, insbesondere zu H₂, CO₂, N₂ und CH₄, und Düngemittel, welches insbesondere als Feststoff vorliegt, und eine Gastrenn- und/oder Konversionseinrichtung, um die im Wasserdampfreaktor und/oder in der Fermentiereinrichtung gebildeten Gase zu trennen und/oder in Energie bzw. Energieträger zu wandeln.

Demzufolge stellen das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung ein Gesamtkonzept zur Handhabung von organischem Müll, landwirtschaftlichen Produkten, landwirtschaftlichen Resten und/oder von Kohlenwasserstoffen bzw. deren organischen Verbindungen bereit, ohne daß diesbezüglich Sortenreinheit vorliegen müßte. Die Energieausbeute ist optimiert, wobei die verbleibenden Reststoffe nahezu vollständig als Düngemittel nutzbar sind. Es sollte erwähnt werden, daß die einzelnen Verfahrensschritte sowie die einzelnen Vorrichtungskomponenten an und für sich bekannt sind, jedoch eine erfindungsgemäße Kombination weder bekannt noch nahegelegt ist.

Vorteilhafterweise ist der Wasserdampfreaktor zur allothermen Vergasung des nach der Aufbereitungseinrichtung verbleibenden Materials ausgelegt. Durch die allotherme Vergasung kann eine höchst effiziente Verwertung erzielt werden, wobei im wesentlichen lediglich Nitratsäure als feststoffartig vorliegendes Düngemittel neben den gebildeten Gasen H₂, CO₂, CO, N₂ und CH₄ übrigbleibt.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform umfaßt die Aufbereitungseinrichtung eine Sortier- und/oder Trenneinrichtung zum Ausschließen von Metall, Mineralien etc. Insbesondere kann die Sortier- und/oder Trenneinrichtung einen Wirbelstrom-Magnetabscheider, ein Magnetabscheiderband, einen Trommel-Magnetabscheider und/oder einen Fächersichter zur Grobabscheidung von Mineralien umfassen. Diese Metall- und/oder Mineralienabscheidungseinrichtung-

gen sind an und für sich bekannt und bedürfen keiner detaillierten Beschreibung.

Bevorzugt umfaßt die Vorrichtung zusätzlich eine Pelletiereinrichtung, welche beispielhaft dem Wasserdampfreaktor vorgelagert sein kann. Eine Pelletiereinrichtung ermöglicht zum einen eine besonders einfache und vorteilhafte Beschickung des Wasserdampfreaktors, und erlaubt zum anderen eine platzsparende und einfache Zwischenlagerung des von der Flüssigphase befreiten Materials.

Alternativ oder zusätzlich zu der Pelletiereinrichtung kann eine Trocknungseinrichtung vorgesehen sein, um beispielhaft die Lagerfähigkeit der gebildeten Pellets oder allgemein des von der Flüssigphase befreiten Materials zu verbessern.

Vorteilhafterweise umfaßt die Gastrenn- und/oder Konversionseinrichtung ein Blockheizkraftwerk, eine Brennstoffzelle, ein Gas- und/oder Dampfturbinen-Kraftwerk und/oder eine Syntheseeinrichtung zum Synthetisieren von Energieträgern wie Methanol. Das Blockheizkraftwerk dient bei einer insbesondere bevorzugten Ausführungsform zur Bereitstellung der internen Energie, Wärme und/oder Dampf. Die Brennstoffzelle und/oder das Gas- und/oder Dampfkraftwerk dient zur Energiewandlung aus Wasserstoff bzw. Wasserstoffgas bzw. wasserstoffhaltigem Gas zu elektrischer Energie und nutzbarer Wärme und zu Düngemittel aufzubereiten.

Schließlich ist es bevorzugt, daß die Vorrichtung eine Düngemittel-Aufbereitungseinrichtung umfaßt, die z. B. dazu dienen kann, die feststoffartigen Düngemittel aus dem Wasserdampfreaktor mit dem flüssigen Düngemitteln aus dem Fermenter zu kombinieren.

Weitere Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der vorliegenden detaillierten Beschreibung einiger derzeit bevorzugter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen, in welchen gilt:

Fig. 1 zeigt schematisch ein Blockdiagramm einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Fig. 2 zeigt eine Prinzipskizze einer erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Fig. 3 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Wie es in dem Blockschaltbild von **Fig. 1** dargestellt ist, wird ein Ausgangsmaterial verwendet, welches biogenes Material wie Biomüll, Holz, Garten- und Lebensmittelabfälle etc. und/oder Kohlenwasserstoffe bzw. deren organische Verbindungen, beispielhaft Polyethylen, umfaßt. Das Material wird in einem ersten Schritt vermengt und geschreddert, um z. B. ein homogenes Gemisch aus Kohlenwasserstoffen und biogenem Material bei kleiner Körnungsgröße bereitzustellen.

Nachfolgend und/oder begleitend wird das so zerkleinerte Gemisch entwässert und pelletiert. Das Entwässern kann z. B. mittels Auspressen des Gemisches erfolgen. Obwohl nicht dargestellt, kann optional zwischen dem Schritt des Mischens und Schredderns und dem Entwässern und Pelletieren noch ein Aussortieren von Mineralien und Metallen erfolgen, z. B. mittels Magnetabscheidung oder ähnlichem. Nach dem Entwässern und Pelletieren ist die Vorbehandlung des Materials im wesentlichen abgeschlossen, wobei jedoch für die entstehenden festen Pellets noch eine Nach Trocknung durchgeführt werden kann, insbesondere wenn die Pellets gelagert werden sollen.

Nach der Vorbehandlung des Materials werden die flüssigen Bestandteile einem Fermenter zugeführt, in welchem das erhaltene Abpreßwasser vergärt wird. Der Fermenter kann, wie in der gezeigten Ausführungsform, ein Zwei-Stu-

fen-Fermenter oder auch ein Vier-Stufen-Fermenter sein, wie später unter Bezugnahme auf die Vorrichtung dargelegt. In der Fermentiereinrichtung wird Biogas, insbesondere Methan, und Düngemittel, z. B. Flüssigdünger, gebildet.

Das erzeugte Biogas kann in einem Blockheizkraftwerk zur Erzeugung von Strom und Wärme verwendet werden. Ein Teil des im Blockheizkraftwerk erzeugten Stromes und/oder Wärme kann als interne Versorgung dienen, z. B. zum Betreiben eines Wasserdampfreaktors, welcher zur Vergasung der gebildeten Pellets Verwendung findet.

Wie erwähnt, werden die in der Vorbehandlung entstehenden Materialpellets dem Wasserdampfreaktor zugeführt, in welchem bei Temperaturen von 750–820°C in einem geschlossenen System mit überhitztem Wasserdampf die Pellets vergast werden zur Bildung von Wasserstoff bzw. Wasserstoffgas und CO bzw. CO₂. Bestandteile, die nicht in die Gasphase übergehen, sind im wesentlichen Nitratasche, welche unmittelbar als festes Düngemittel gewonnen wird. Die gebildeten Gase können optional einer Gasreinigung unterworfen werden, mit einer entsprechenden Abscheidung von Wasserstoff und einer optionalen katalytischen Methanolsynthese. Der Wasserstoff bzw. das wasserstoffhaltige Gas kann dann Brennstoffzellen und/oder einem Gas- und Dampfkraftwerk zugeführt werden, um Strom und/oder Dampf zu erzeugen.

Dementsprechend bietet das Verfahren gemäß der dargestellten Ausführungsform aus ökologischer Sicht große Vorteile gegenüber anderen Verfahren der Müllentsorgung, wie der Pyrolyse, Verbrennung, Kompostierung oder direkten Deponierung. Aufgrund des geschlossenen Systems, der energetischen Verknüpfung einzelner Verfahrensschritte und der hohen Effizienz des Verfahrens werden Emissionen weitgehend minimiert. Durch den hohen Wirkungsgrad bei der Umwandlung des Materials, umfassend Biomasse und/oder Kohlenwasserstoffe, wird ein Brennstoffverbrauch reduziert, was zu einer zusätzlichen Reduzierung des umweltneutralen CO₂-Ausstoßes führt. Mit dem vorgeschlagenen Verfahren kann somit eine im wesentlichen vollständige Nutzung und Umwandlung von ansonsten schwer handhabbarem Reststoff erzielt werden.

In **Fig. 2** ist eine Prinzipskizze einer einfachen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung dargestellt, mittels welcher sich ebenfalls das erfindungsgemäße Verfahren beschreiben läßt. Es wird wiederum ein Ausgangsmaterial verwendet, welches biogenes Material und/oder Kohlenwasserstoffe und deren organische Verbindungen umfaßt. In einem Mischer 9–10 kann ein geeignetes bzw. gewünschtes Gemisch aus biogenem Material und/oder Kohlenwasserstoffen gebildet werden. Nachfolgend wird das so erzeugte Gemisch einem Schredder 10 zugeführt, der eine entsprechend kleine Teilchengröße ermöglicht. Sowohl in dem Mischer 1–9 als auch dem Schredder 10 kann eine Flüssigphase abgeschieden werden und einem Fermenter H zugeführt werden. Maßgeblich wird jedoch die Flüssigphase in einer nachfolgenden Entwässerungspresse 11 abgeschieden, um der Fermentiereinrichtung H zugeführt zu werden. Nach der Entwässerungspresse wird das verbleibende Material in einem Trockentrommel 12 getrocknet. Nachfolgend kann das Material einem Doppelschneckenextruder 19 zugeführt werden, welcher das verbleibende Material pelletiert. Die getrockneten Pellets werden einem Wasserdampfreaktor 21 zugeführt, in dem eine Vergasung der festen Bestandteile erfolgt. Sowohl das biogene Material als auch die Kohlenwasserstoffverbindungen werden zu Wasserstoff bzw. wasserstoffreichem Gas und CO_x umgesetzt. Lediglich ein kleiner Teil der Pellets verbleibt als Nitratasche, welche einer Düngeraufbereitung zugeführt werden kann. Die gebildeten Gase werden über einen Gasfilter D einem Block-

heizkraftwerk C, Brennstoffzellen 35 oder einem Gaskraftwerk zugeführt. Das Blockheizkraftwerk C dient in der gezeigten Ausführungsform maßgeblich zur internen Energieversorgung und wird zusätzlich mit Biogas aus dem Fermenter H beschickt. Das im Blockheizkraftwerk C entstehende Abgas kann zur Trocknung des Materials in der Trockentrommel 12 verwendet werden. Der ebenfalls entstehende Dampf kann zur Beschickung des Wasserdampfreaktors 21 verwendet werden. In dem Fermenter H wird Biogas gebildet, welches dem Blockheizkraftwerk C, dem Wasserdampfreaktor 21 oder dem Gasfiltersystem D zugeführt werden kann. Desweiteren wird in dem Fermenter H ein entgasstes Düngesubstrat gebildet, welches einer Düngeraufbereitung oder einer Kläranlage bzw. einem Verdampfer zugeführt werden kann.

In Fig. 3 ist schließlich eine bevorzugte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung als Gesamtkonzeption dargestellt. Das Gesamtkonzept umfaßt eine Materialannahmehalle A mit Rolltoren und Bunkerdeckel, eine Sortier- und Aufbereitungsanlage B, ein Blockheizkraftwerk C zur internen Versorgung, eine Synthesegas-Aufbereitungsanlage D mit einem Methanolreaktor, ein Kraftwerk E zur Stromerzeugung aus Synthesegas und Wasserstoff, eine Düngemittelaufbereitungsanlage F, Betriebsräume und ein Labor G, eine Vier-Stufen-Biogas-Fermenter H, Büro- und Sozialräume J sowie eine thermische Schlammmentwässerungsanlage K.

In der Materialannahmehalle A mit Rolltoren und Bunkerdeckel wird Kommunal Müll oder anderes Ausgangsmaterial angeliefert und im Rohstoffbunker 1 für Restmüll, als unsortiertes und sortenreines Ausgangsmaterial, ggf. separat zwischengelagert. Als Ausgangsmaterialien kommen, wie bereits mehrfach erwähnt, biogene Materialien und/oder Kohlenwasserstoffe in Frage. Insbesondere kann es sich hierbei um Biomüll, Holz, Garten- und Lebensmittelabfälle und/oder um Kohlenwasserstoffe bzw. deren organische Verbindungen handeln. Somit können neben im herkömmlichen Sinn sortenreines Material, z. B. verpackte, verdorbene Lebensmittel etc., als sortenreine Ausgangsmaterialien für die erfindungsgemäße Lösung in Betracht kommen.

Sortenreine Ausgangsmaterialien können unmittelbar über einen Schneckenförderer 22 einer Entwässerungseinrichtung, z. B. in der Form einer Entwässerungspresse 23, zugeführt werden. Das abgeschiedene Wasser bzw. die abgeschiedene Brühe wird über ein Leitungssystem der Fermentiereinrichtung H zugeführt. Die von der flüssigen Phase befreiten Bestandteile können dem Gesamtprozeß erneut zugeführt werden. Der nicht sortenreine Müll wird über einen Schubwagenspeiser 2 einem manuellen Sortierband 3 zugeführt. Dort können ggf. nicht verwertbare Müllbestandteile händisch aussortiert und in Containern 25, 26 zwischengelagert werden. Mittels eines Wirbelstrom-Magnetabscheiders 5 und einem Magnetabscheiderband 6 können Metallbestandteile aussortiert und Containern 27, 28 zugeführt werden. Insbesondere handelt es sich um einen Eisenmetallcontainer 27 und einen Buntmetallcontainer 28.

Über einen nachfolgenden Trommel-Magnetabscheider in Verbindung mit einem Fächersichter zur Grobabscheidung von Mineralien können Mineralien abgeschieden werden und in einem Grobmineraliencontainer 29 aufgenommen werden. Über einen Rohrförderer 9 wird das von Metallen und Grobmineralien befreite Material einer Vier-Wellen-Schredder- und Hammerrmühle 10 mit nachgeschalteter Entwässerungspresse zugeführt. Das abgeschiedene Wasser aus der Entwässerungspresse 11 wird wie das aus dem sortenreinen Ausgangsmaterial abgeschiedene Wasser der Fermentiereinrichtung H zugeführt. Die verbleibenden Feststoffe werden in einem Trommeltrockner 12 nachgetrock-

net, dem eine Abluft-Reinigungsanlage 13 zugeordnet ist. Zusätzlich kann ein Entstaubungszyklon 14 bereitgestellt sein. Anschließend wird das von der Flüssigphase befreite und getrocknete Material über einen Senkrechtförderer 15 einem Zickzacksichter zur Feinabscheidung von Mineralien 16 zugeführt. Dieser scheidet Feinmineralien ab, die in einem Feinmineraliencontainer 30 aufgenommen werden können. Dem Zickzacksichter kann ein weiterer Entstaubungszyklon 17 zugeordnet sein.

Das verbleibende Material wird, wie dargestellt, in einem Zwischenlagerbunker aufbewahrt, dem eine Doppelschneckenpresse mit Pelletiereinrichtung 19 nachgeschaltet ist. Obwohl nicht dargestellt, kann es bei bestimmten Anwendungen vorteilhaft sein, die Pelletiereinrichtung vor der Zwischenlagerung durchzuführen, insbesondere bezüglich den Raumanforderungen zur Zwischenlagerung des von der Flüssigkeitsphase befreiten und getrockneten Materials. Über eine Förder- und Beschickungsanlage 20 wird schließlich das Material einem Wasserdampfreaktor mit Katalysator und Heizgas-Registerwärmetauscher 21 zugeführt.

In dem Wasserdampfreaktor wird das von der Flüssigkeitsphase befreite und getrocknete Material bevorzugt allotherm vergast, so daß praktisch ausschließlich Wasserstoff, Wasserstoffgas und CO_x entsteht. Neben den gebildeten Gasen erzeugt der Wasserdampfreaktor lediglich geringe Mengen an Nitratsäure, welche in der gezeigten Ausführungsform einer Düngemittelaufbereitungsanlage F zugeführt werden. Die im Wasserdampfreaktor 21 gebildeten Gase werden in der gezeigten Ausführungsform einer Synthesegas-Aufbereitungsanlage mit zugeordnetem Methanolreaktor zugeführt.

Auch die in der Fermentiereinrichtung H gebildeten Biogase werden der Synthese-Aufbereitungsanlage und dem Methanolreaktor D zugeführt. Ein Teil des erzeugten Gases kann zur Darstellung eines autarken Gesamtsystemes zur Eigenversorgung in einem Blockheizkraftwerk C umgesetzt werden. Zu diesem Zweck sind in dem Blockheizkraftwerk vorgesehen ein Thermoträgeröl-Puffertank 31, ein Agrodieseltank 32 und ein Gasdieselmotoren-Aggregat 33.

Wie vorangehend erläutert, kann die Blockheizkraftwerk erzeugte Wärme, der erzeugte Strom und/oder der erzeugte Dampf zur Eigenversorgung, insbesondere des Wasserdampfreaktors 21 und der vorgeschalteten Aggregate, verwendet werden.

Die nicht zum Eigenverbrauch verwendeten Gasbestandteile können über Brennstoffzellen 35 oder auch nicht dargestellte Gas- und/oder Dampfturbinen in Strom gewandelt werden und über ein Leitungssystem 34 dem öffentlichen Energienetz zugespeist werden.

Die Reststoffe des Fermenters werden der thermischen Schlammmentwässerungsanlage K zugeführt, von wo über eine Schlammpumpe abgesetzter Schlamm der Düngemittelaufbereitungsanlage F zugeführt werden kann.

Demzufolge stellt das beschriebene System eine integrierte Anlage bereit, die autark betrieben werden kann, die zuvor beschriebenen Ausgangsmaterial praktisch vollständig umsetzt und einen insgesamt sehr hohen Wirkungsgrad aufweist bei lediglich minimalen Emissionen.

Im folgenden sollen mögliche Emissionen der einzelnen Anlagenkomponenten diskutiert werden. Dabei wird auch das Zusammenwirken der Einzelkomponenten im Gesamtsystem berücksichtigt.

Umweltauswirkungen können dabei prinzipiell von den folgenden Komponenten erwartet werden:

- Annahme und Trennung des Kommunal Mülls als Ausgangsmaterial
- Pelletierung und Trocknung des Ausgangsmaterials

- Fermentierungsstufe für die Flüssigphase
- Blockheizkraftwerk für das Biogas
- Wasserdampfreaktor (Steamreformer)
- Gasreinigung (Gaswäschen und Gasfilter)
- Brennstoffzellen zur Stromerzeugung.

Im folgenden sollen mögliche Emissionen der einzelnen Teilstufen diskutiert werden.

a) Müllannahme und Mülltrennung

Die Annahme des Kommunalmölls findet in einer geschlossenen Fahrzeughalle mit Rolltoren statt. Die Fahrzeuge werden anschließend in einen ebenfalls geschlossenen Müllbunker entleert, so daß davon keine relevanten Geruchsbelästigungen erwartet werden können. Zusätzlich stehen sowohl Annahmehalle als auch Müllbunker unter leichtem Unterdruck, wodurch ebenfalls ein Freisetzen geruchsrelevanter Gase verhindert wird. Der Unterdruck wird dadurch erzeugt, daß die abgesaugten Gase als Ansaugluft für das Blockheizkraftwerk (Gasmotoren) und zur Luftzufuhr der Brenner des Steamreformers verwendet werden.

In dieser geschlossenen Halle findet auch die Mülltrennung statt, so daß auch davon keine relevanten Umweltauswirkungen zu erwarten sind. Für die Vergasung des Biomülls ist allerdings eine sorgfältige Abtrennung einiger nicht-organischer Bestandteile des Kommunalmölls, wie Metalle, chlor- und fluorhaltige Kunststoffe, notwendig, da diese die Emissionen aus der Steamreformerstufe – über die Bildung unter anderem von halogenhaltigen Gasen – erhöhen könnten. Alle anderen Kohlenwasserstoffe und deren organische Verbindungen sind problemlos handhabbar. Aufgrund der vorliegenden Pläne zur Mülltrennung ist aber zu erwarten, daß eine hinreichend saubere Mülltrennung gewährleistet ist. Die abgetrennten Komponenten des Kommunalmölls (z. B. Schrott, Metalle, Glas, Bau- und Mineralstoffe) werden in speziellen Bunkern gesammelt und, wenn möglich, der Reststoffwiederverwertung zugeführt.

b) Trocknung und Pelletierung

In dieser Stufe werden der abgetrennte Biomüll und/oder Kohlenwasserstoffe und deren organische Verbindungen, 50–80% der Gesamtmöllmenge entsprechend, zur Abtrennung der Flüssigphase in einem Schneckenextruder ausgepreßt und pelletiert. Anschließend werden die Pellets mit Heißluft getrocknet.

Gasförmige Emissionen werden in dieser Stufe dadurch vermieden, daß alle Teilschritte in einer geschlossenen, unter leichtem Unterdruck stehenden Halle durchgeführt werden. Ökologisch besonders sinnvoll ist auch einzustufen, daß für die energetisch sehr aufwendige Trocknung der Pellets die heiße Abluft aus den Gasmotoren des Blockheizkraftwerks und des Steamreformers verwendet werden soll. Die Flüssigphase des ausgepreßten Materials wird in geschlossenen Rohrleitungen in den Fermenter gepumpt, so daß auch hier keine Emissionen zu erwarten sind.

c) Fermentierungsstufe

Im Vier-Stufen-Fermenter wird die abgetrennte Flüssigphase des ausgepreßten Materials bzw. Biomülls, der nur noch einen geringen Feststoffgehalt besitzt, zu Biogas vergärt. Da der gesamte Biogasreaktor abgeschlossen ist, kann auch hier eine Gasbeeinträchtigung ausgeschlossen werden. Bisherige von der WEA gebaute und seit Jahren in Betrieb befindliche Biofermenter, die im Hinblick auf ihre Emissionen überprüft wurden, bestätigen diese Aussage. Ein weitere

ökologischer Vorteil ist, daß zur Belüftung des Substrats und zur Einstellung der optimalen Vergärungstemperatur die Abwärme aus den Gasmotoren und den Brennern des Steamreformers verwendet werden soll.

5 Das erzeugte Biogas wird anschließend über Filter gereinigt und im geschlossenen Rohrsystem den Gasmotoren zur Strom- und Wärmeerzeugung zugeführt. Das entstehende CO₂ wird über Luftfilter gereinigt und an die Außenluft abgegeben.

10 Die vergärte schlammhaltige Flüssigphase des Fermenters wird über Rohrleitungen in einen Schlamm-polder gepumpt. Dieser Schlamm-polder ist mit Foliendichtungen aus Hochdruckpolyethylen (HDPE) abgedichtet und gegen Lecks mit einer Drainage und Leckwächtern gesichert. In diesem Schlamm-deich wird das überstehende Wasser verdunstet und dadurch die vergärte Schlammphase aufkonzentriert. Der getrocknete Schlamm aus der Vergärung ist weitgehend geruchlos und stellt einen wertvollen Dünger für die Landwirtschaft dar.

20 Negative Umweltauswirkungen aus dem Schlamm-polder, wie Geruchsbelästigungen, sind bei dem vergärten Substrat nicht zu erwarten. Eine Verunreinigung des Untergrundes des Schlamm-polders mit der Gefahr der Verunreinigung des Grundwassers ist bei sachgerechter Bauausführung und aufgrund geplanter Sicherheitsmaßnahmen nicht zu erwarten.

d) Blockheizkraftwerk (Gasmotoren)

In den Gasmotoren wird das erzeugte Biogas zur Stromerzeugung (Eigenstrombedarf der Anlage) und zur Wärmeerzeugung verbrannt. Bei dieser Technik handelt es sich um ein weltweit angewandtes Verfahren, das Stand der Technik ist und aufgrund seiner geringen Emissionen nicht weiter diskutiert werden muß. Geräuschemissionen werden durch die Aufstellung in einer geschlossenen Halle minimiert. Weitere energetische und ökologische Vorteile ergeben sich dadurch, daß die Verbrennungsluft für die Motoren aus der Müllannahmehalle abgesaugt wird und das heiße Abgas der Gasmotoren zur Trocknung der Pellets und zur Belüftung des Fermenters verwendet wird.

e) Wasserdampfreaktoren (Steamreformer)

Steam-Reforming wird weltweit vor allem zur Vergasung von Kohle, Torf, Stroh, Erdgas, Holzabfällen und Abfällen aus der Zelluloseherstellung angewandt. Bei diesem Verfahren wird das Material, umfassend biogenes Material und/oder Kohlenwasserstoff, in einem geschlossenen Edelstahlbehälter bei erhöhten Drücken (bis 6 bar) und bei ca. 820°C mit Heißdampf vergast und in CO/CO₂ und Wasserstoffgas gespalten. Bei stickstoffhaltigem Material wird NO_x und bei schwefelhaltiger Biomasse CO_x-Gas erzeugt. Aus alkalihaltigem Material können Salze und mit chlorhaltiger Biomasse (z. B. PVC) Chloride oder HCl-Gase entstehen. Daneben bilden sich, abhängig vom Vergasertyp, geringe Mengen von Teerverbindungen.

Ein Wirbelschichtvergaser kann auch im Dauerbetrieb nur geringste Mengen von Teerverbindungen (kleiner 1%) erzeugen. Durch die wiederholte Rückführung des Staubes wird der Gehalt an Teerverbindungen weiter reduziert.

60 Das wasserstoffhaltige Gas wird, nach Oxidation von CO zu CO₂, in einem Naßfilter von sauren Gasen (wie HCl, NO_x, SO₂) abgetrennt, in einem Zyklon und einem Elektrofilter vom Staub gereinigt und ggf. nach Abtrennung von CO₂ über Palladiumfilter, über Rohrleitungen der Brennstoffzellen zur Stromerzeugung zugeführt. Die in sehr geringer Menge anfallenden Stäube werden auf ihre chemische Zusammensetzung überprüft und können anschließend, zu-

sammen mit der mineralhaltigen und stickstoffhaltigen Schlacke aus dem Steamreformer, problemlos deponiert werden. Abhängig von der Zusammensetzung des eingesetzten Biomülls ist möglicherweise auch eine Verarbeitung zu einem nitrathaltigen Dünger möglich.

Die geringen Mengen salzhaltiger Wässer aus der nassen Gaswäsche werden mit Kalkmilch neutralisiert und können entweder entsorgt, oder, abhängig von der chemischen Zusammensetzung, in den Schlammfelder geleitet werden.

Umweltrelevante gasförmige Emissionen sind aufgrund der sorgfältigen und extensiven Gasreinigung und der hohen Effizienz des verwendeten Steam-Reformers nicht zu erwarten. Alle bisherigen Erfahrungen im Ausland haben gezeigt, daß relevante Emissionsgrenzwerte teilweise um Größenordnungen unterschritten werden.

f) Brennstoffzellen

Bei der Brennstoffzelle wird das gereinigte wasserstoffreiche Gas aus dem Steamreformer zusammen mit Sauerstoff (bzw. Luft) in einer elektrochemischen Reaktion direkt in elektrischen Strom umgewandelt. Die Reaktion findet, abhängig vom Brennstoffzellentyp, bei Temperaturen ab 80°C mit einem Wirkungsgrad von über 50 bis 65% statt. Die Reaktion von Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser ist dabei vollkommen emissionsfrei ("Zero-emission technique").

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die Erfindung es ermöglicht, Material, umfassend biogenes Material wie Biomüll, Holz, Garten- und Lebensmittelabfälle, und/oder Kohlenwasserstoffe bzw. deren organische Verbindungen, in einfacher, effizienter, ökologischer Weise handzuhaben, bei hoher Ausnutzung der gewinnbaren Energie. Als besondere Anwendungen kommen die Umsetzung von verdorbenen, verpackten Lebensmitteln oder auch von in Polyethylen verpacktem Kompost oder Biomüll in Betracht, so daß die Gesamtkonzeption als neu und erfinderisch anzusehen ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur vollständigen und schadstofffreien Konversion von Material, umfassend biogenes Material wie Biomüll, Holz, Garten- und Lebensmittelabfälle, und/oder Kohlenwasserstoffe bzw. deren organische Verbindungen, in Energieträger, wie Wasserstoff, Gas, Methanol, elektrischen Strom und in Düngemittel, ohne Anwendung von Pyrolyse und/oder Verbrennung, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Verfahren die folgenden Schritte umfaßt:

- (a) Vorbehandeln des Materials durch Mischen, Zerkleinern, Entwässern und Pelletieren des Materials,
- (b) Vergären des aus Stufe (a) erhaltenen Abpreßwassers in einem Fermenter, wodurch Biogas, insbesondere Methan und Flüssigdünger entsteht,
- (c) Umsetzen des aus Stufe (a) erhaltenen pelletierten Biomülls in einem Wasserdampfreaktor bei 750–820°C in einem geschlossenen System, mit überhitztem Wasserdampf zu Wasserstoffgas und CO bzw. CO₂,
- (d) Umwandeln des Wasserstoffgases aus Stufe (c) nach der Gasreinigung in Brennstoffzellen in elektrischen Strom, oder Konvertieren des Wasserstoffes mit dem gleichzeitig in Stufe (c) erzeugten CO_x katalytisch zu Methanol, oder Umwandeln des wasserstoffreichen Gases, das aus Stufe (c) erhalten wurde, direkt in Gas- und

Dampfturbinen in elektrischen Strom und in Prozeßdampf bzw. -wärme, und

(e) Verarbeiten der Reststoffe aus dem Fermenter zu Dünger, wobei gegebenenfalls Rückstände aus dem Wasserdampfreaktor zugemischt werden können oder zu einem Additiv für Komposterde weiterverarbeitet werden können.

2. Vorrichtung zur Energieerzeugung aus Material, umfassend biogenes Material wie organischen Müll, Holz, Garten- und Lebensmittelabfälle und/oder Kohlenwasserstoffe bzw. deren organische Verbindungen, in Energieträger wie Wasserstoffgas, Methanol und elektrischen Strom und in Düngemittel, ohne Anwendung von Pyrolyse und/oder Verbrennung, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung in Kombination umfaßt:

- (a) eine Aufbereitungseinrichtung (1–12), die flüssige Bestandteile aus dem Material abscheidet,
- (b) eine Fermentiereinrichtung (H), insbesondere einen Vier-Stufen-Biogasfermenter zur Erzeugung von Biogas und/oder Düngemittel aus den flüssigen Bestandteilen, die in der Aufbereitungseinrichtung (1–12) abgeschieden wurden,
- (c) einen Wasserdampfreaktor (21) zur Umwandlung des nach der Aufbereitungseinrichtung (1–12) verbleibenden Materials zu Gasen, insbesondere H₂, CO₂, CO, N₂ und CH₄, und Düngemittel, welches insbesondere als Feststoff vorliegt, und
- (d) eine Gastrenn- und/oder Konversionseinrichtung (C, E, D, F, G), um die im Wasserdampfreaktor (21) und/oder in der Fermentiereinrichtung (H) gebildeten Gase zu trennen und/oder in Energie bzw. Energieträger zu wandeln.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Wasserdampfreaktor (21) zur allothermen Vergasung des nach der Aufbereitungseinrichtung (1–12) verbleibenden Materials ausgelegt ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufbereitungseinrichtung (1–12) eine Sortier- und/oder Trenneinrichtung (3–10) zum Ausschließen von Metall, Mineralien etc. umfaßt.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung desweiteren eine Pelletiereinrichtung (19) umfaßt.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung desweiteren eine Trocknungseinrichtung (12) umfaßt.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Gastrenn- und/oder Konversionseinrichtung (C, D, E, F, G) umfaßt:

- ein Blockheizkraftwerk, insbesondere zur Bereitstellung von interner Energie, Wärme und/oder Dampf;
- eine Brennstoffzelle zur Umsetzung von Wasserstoff oder wasserstoffhaltigem Gas in Strom;
- ein Gas- und/oder Dampfkraftwerk; und/oder
- eine Syntheseeinrichtung zum Synthetisieren von Energieträgern wie Methanol.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung eine Düngemittelaufbereitungseinrichtung (F) umfaßt.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig. 3

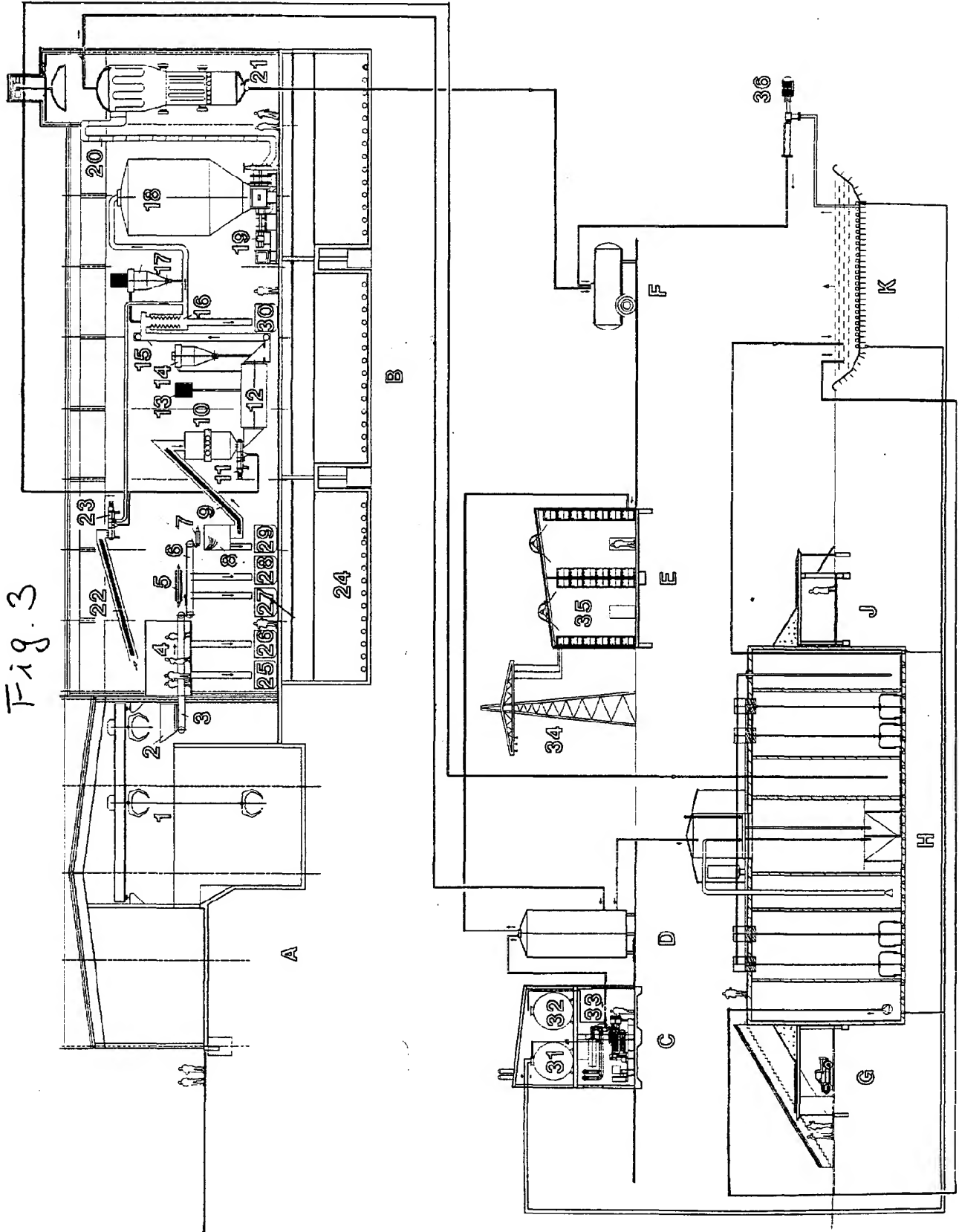


Fig. 1

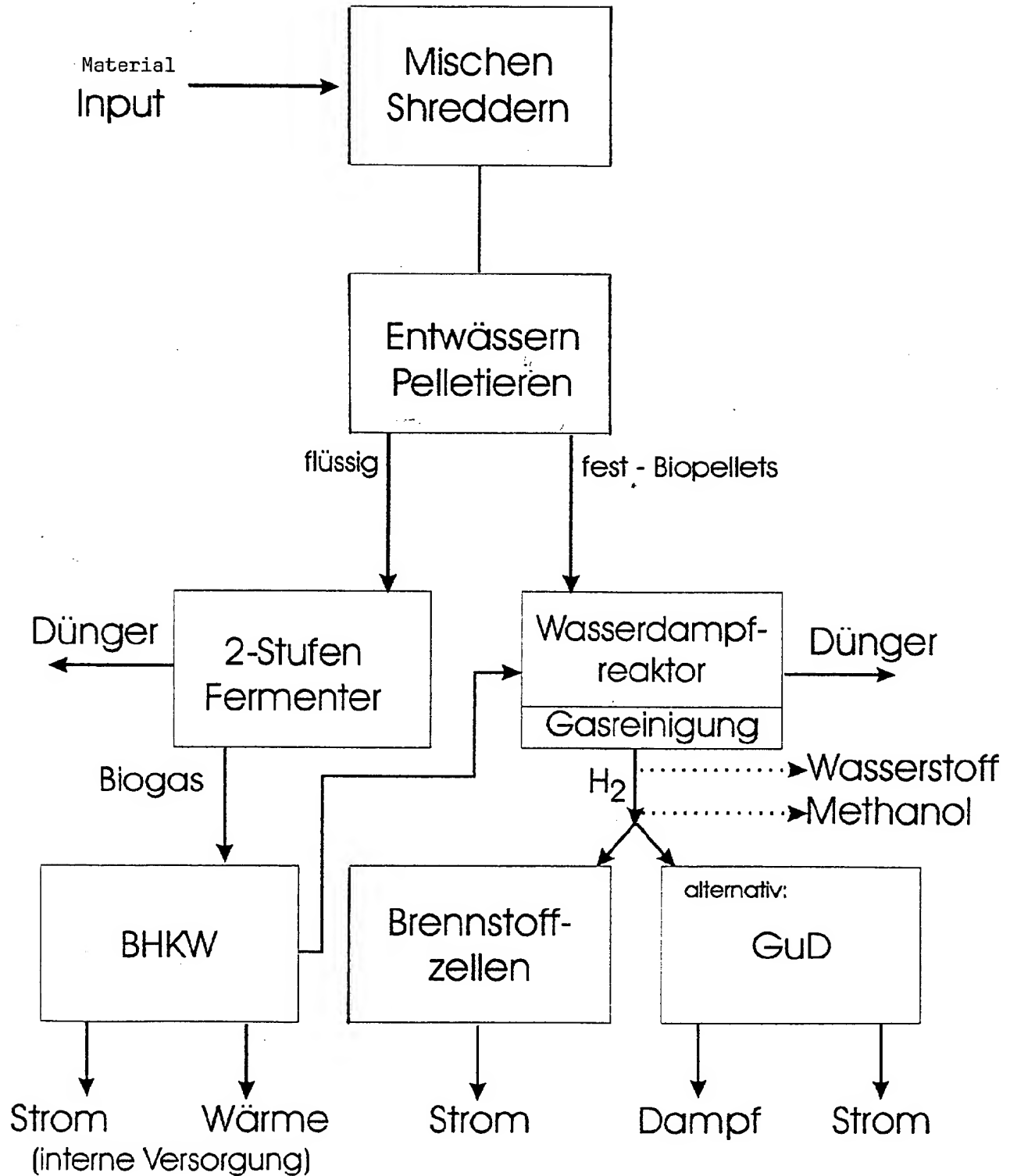


Fig. 2

